

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SCHEILLA PESSANHA DE SOUZA CAMPOS

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA PEGADA DE CARBONO DE MARGARINA E
MANTEIGA PRODUZIDAS NO SUL DO BRASIL



CURITIBA
2015

SCHEILLA PESSANHA DE SOUZA CAMPOS

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA PEGADA DE CARBONO DE MARGARINA E
MANTEIGA PRODUZIDAS NO SUL DO BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial do setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná em parceria com o SENAI-PR e a Universität Stuttgart, Alemanha, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Alvaro Luiz Mathias

Coorientadora: Prof^a. Dra. Regina Weinschutz

CURITIBA
2015

-
- C198a Campos, Scheilla Pessanha de Souza
Avaliação comparativa da pegada de carbono de margarina e manteiga produzidas no sul do Brasil/ Scheilla Pessanha de Souza Campos. – Curitiba, 2015.
62 f. : il. color. ; 30 cm.
- Dissertação - SENAI; Universidade de Stuttgart; Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial, 2015.
- Orientador: Alvaro Luiz Mathias – Co-orientador: Regina Weinschutz.
Bibliografia: p. 56-62.
1. Aquecimento global. 2. Homem - Influência sobre a natureza. 3. Ciclo de vida do produto. 4. Manteiga. 5. Margarina. I. Universidade Federal do Paraná. II. SENAI. III. Universidade de Stuttgart. IV. Mathias, Alvaro Luiz. V. Weinschutz, Regina . VI. Título.


CDD: 664.0286

TERMO DE APROVAÇÃO

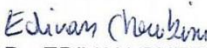
SCHEILLA PESSANHA DE SOUZA CAMPOS

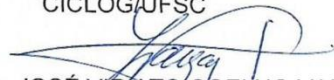
**AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA PEGADA DE CARBONO DE MARGARINA E
MANTEIGA PRODUZIDAS NO SUL DO BRASIL**

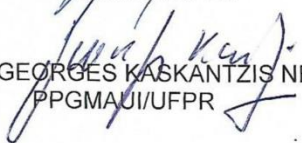
Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná em parceria com SENAI/PR e a *Universität Stuttgart*, Alemanha, pela seguinte banca examinadora:


Prof. Dr. ALVARO LUIZ MATHIAS
PPGMAUI/UFPR


Profª. Drª. REGINA WEINSCHUTZ
PPGMAUI/UFPR


Prof. Dr. EDIVAN CHERUBINI
CICLOG/UFSC


Prof. Dr. JOSÉ VIRIATO COELHO VARGAS
DEMEC/UFPR


Prof. Dr. GEORGES KASKANTZIS NETO
PPGMAUI/UFPR


Profª. Drª. MARGARETE CASAGRANDE LASS ERBE
Coordenadora do TC/PPGMAUI-UFPR

Curitiba, 31 de agosto de 2015.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me mostrar novos caminhos e me dar saúde e forças para alcançar os meus objetivos.

Em seguida, agradeço com todo amor aos meus pais (Jalaertem e Maria José) e ao Fernando, meu noivo querido, por todo apoio e compreensão nos momentos de ausência e de “não vou, tenho que fazer o mestrado”.

Também às minhas irmãs que tanto amo: Priscila e Annelise, pela compreensão quando estavam presentes e em algumas conversas pela câmera nos finais de semana, quando eu tinha que “ir fazer o mestrado”.

O mesmo às minhas grandes amigas. À Carla Antonio, por compreender a pausa no nosso projeto “Miss sing Beatles”, mas que retornaremos em breve, se Deus quiser. Também à Marina Mestieri, da qual neguei muitos convites, e à minha amiga Paolla, que me acompanhou na fábrica de lácteos, me deu diversas dicas e que tanto me ensina sobre diversos campos da vida!

Agradeço também a toda minha família, todos os amigos e todos aqueles que torceram por mim!

Um agradecimento sincero ao laboratório Ciclog da UFSC, em especial ao Edivan Cherubini, por toda ajuda e contribuição com este trabalho.

Também a todos os funcionários da empresa em estudo, que foram muito gentis ao me receberem nas unidades, mostrarem processos e enviarem dados com toda boa vontade!

Obrigada também à minha coorientadora Regina, à UFPR e aos professores da banca de qualificação.

Por fim, obrigada ao meu orientador, o Professor Dr. Alvaro Mathias, por me nortear com tanta sabedoria, por compreender o desafio de competir a atenção com meu chefe (rs) e por ter paciência diante disso tudo. Muito obrigada!

RESUMO

A seleção de compra de um produto é baseada em características como qualidade e preço. No entanto, o impacto que um produto pode causar ao meio ambiente pode ser um critério de desempate na decisão do consumidor. O presente trabalho comparou as Avaliações de Ciclo de Vida (ACVs) da margarina e da manteiga com ênfase na categoria de impacto denominada potencial de aquecimento global (pegada de carbono). A unidade funcional definida foi 500 g de produto embalado e disponibilizado em condicionamento final. Foram utilizadas as metodologias das normas ISO 14040, ISO 14044 e PAS 2050, tendo definido como estudo de caso uma empresa de alimentos localizada na região sul do Brasil. Cinco cenários foram abordados, três para a margarina (óleo de soja proveniente do Sul - MARSUL, do centro oeste sem uso de desmatamento - MARSED e do centro oeste com uso de desmatamento - MARCOD) e dois para manteiga (com alocação por massa - MANMAS e econômica - MANECON). A modelagem dos sistemas de produto foi realizada com o auxílio do *software* SimaPro®, alimentado por dados primários, coletados na empresa em estudo, e secundários, fornecidos por base de dados da bibliografia e pela base de dados *ecoinvent*®. A categoria potencial de aquecimento global foi analisada com o horizonte de tempo de 100 anos (GWP100) do método do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Adicionalmente, as categorias de impacto potencial de acidificação, potencial de eutrofização, ocupação de terra e demanda acumulada de energia foram avaliadas. A manteiga com alocação por massa revelou menor impacto de aquecimento global do que os demais cenários da margarina, com uma pegada de carbono 300% menor. A análise de ciclo de vida revelou também que a manteiga com alocação econômica tem maior impacto quanto a acidificação (437%), eutrofização (221%) e ocupação da terra (162%) do que a MARSUL, enquanto a manteiga com alocação massa apresenta menor impacto em relação a MARCOD (34, 55, 72% menos impactante). A demanda acumulada de energia para manteiga com alocação por massa também é inferior, 342% menos impactante do que a margarina do centro oeste com desmatamento.

Palavras-chave: Aquecimento global. Pegada de carbono. Avaliação de Ciclo de Vida. Manteiga. Margarina.

ABSTRACT

The willing to pay for a product is based on characteristics such as quality and price. However, the impact that a product may cause to the environment may be a tie-breaking feature in the consumer's decision. This study compared the Life Cycle Assessments (LCA) of margarine and butter, with emphasis on the global warming potential impact category (carbon footprint), having defined as functional unit 500 g of product packaged and available in the final conditioning. It was used the methodology from the standards ISO 14040, ISO 14044 and PAS 2050, having defined a food company located in the Southern Brazil as a case study. Five scenarios were defined, three for margarine (soy oil from South, Central West without use of deforestation and the Midwest with use of deforestation) and two for butter (mass and economic allocation). The modeling of product systems was carried out with SimaPro® software, powered by primary data collected in the company under study and secondary data, provided by bibliography database and by ecoinvent® database. The global warming potential was analyzed with a time horizon of 100 years (GWP100) from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) method. In addition, other impact categories were evaluated: acidification potential, eutrophication potential, land occupation and the cumulative energy demand. Butter with mass allocation revealed lower global warming impact than other margarine scenarios, with a carbon footprint 300% lower. Life cycle analysis also revealed that the butter with economic allocation is more harmful in acidification (437%), eutrophication (221%) and land occupation (162%) than margarine, while the butter with mass allocation features less impact (34, 55, 72% less harmful). The cumulative energy demand for butter with a mass allocation is also lower, 342% less impactful than margarine from Midwest with use of deforestation.

Key-words: Global Warming. Carbon Footprint. Life Cycle Assessment. Butter. Margarine.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ETAPAS DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA.....	21
FIGURA 2 - RÓTULO DA CERTIFICAÇÃO "CARBON TRUST" SOBRE REDUÇÃO E MEDIÇÃO DE CO ₂ DE PRODUTOS.....	27
FIGURA 3 - DIAGRAMA DE BLOCOS DE PRODUÇÃO DE MARGARINA.....	29
FIGURA 4 - DIAGRAMA DE BLOCOS DE PRODUÇÃO DE MANTEIGA.....	30
FIGURA 5 - PROCESSOS ELEMENTARES DE MATÉRIA E ENERGIA DO PRODUTO MARGARINA.....	35
FIGURA 6 - PROCESSOS ELEMENTARES DE MATÉRIA E ENERGIA DO PRODUTO MANTEIGA.....	35
FIGURA 7 - DIFERENTES ALOCAÇÕES APLICADAS ÀS AVALIAÇÕES DE CICLO DE VIDA DA MARGARINA E MANTEIGA.	42
FIGURA 8 – DEMONSTRAÇÃO DO PROCESSO DESENVOLVIDO NO SimaPro® PARA PRODUÇÃO DE MANTEIGA, LEITE DESNATADO E LEITELHO.	43
FIGURA 9 – DEMONSTRAÇÃO DO PROCESSO DESENVOLVIDO NO SimaPro® PARA A MANTEIGA FINAL, COM EMBALAGEM.	43
FIGURA 10 – DEMONSTRAÇÃO DO PROCESSO DESENVOLVIDO NO SimaPro® PARA O ÓLEO DE SOJA, COM SOJA PROVENIENTE DO SUL.	44
FIGURA 11 – DEMONSTRAÇÃO DO PROCESSO DESENVOLVIDO NO SimaPro® PARA A MARGARINA FINAL, COM ÓLEO DE SOJA PROVENIENTE DO SUL.	44
FIGURA 12 - IMPACTO DAS PRODUÇÕES DE MARGARINA E MANTEIGA SOBRE O AQUECIMENTO GLOBAL, CONSIDERANDO OS CENÁRIOS DISTINTOS DE PRODUÇÃO DA SOJA E ALOCAÇÃO DO LEITE.....	46
FIGURA 13 - PRINCIPAIS ETAPAS EMISSORAS DE GEE (kg CO ₂ e) NO CICLO DE VIDA DA MARGARINA.	49
FIGURA 14 - PRINCIPAIS ETAPAS EMISSORAS DE GEE (kg CO ₂ e) NO CICLO DE VIDA DA MANTEIGA.	49
FIGURA 15 - PORCENTAGEM DE IMPACTO AMBIENTAL DA MANTEIGA COM ALOCAÇÃO ECONÔMICA EM RELAÇÃO AO IMPACTO DA MARGARINA NOS TRÊS CENÁRIOS ESTUDADOS (MAR-SUL, MAR-COD E MAR-SED).	52

FIGURA 16 - PORCENTAGEM DO IMPACTO AMBIENTAL DA MANTEIGA COM ALOCAÇÃO MASSA EM RELAÇÃO AO IMPACTO DA MARGARINA NOS TRÊS CENÁRIOS ESTUDADOS (MAR-SUL, MAR-COD E MAR-SED).....	53
--	----

LISTA DE QUADROS E TABELAS

QUADRO 1 - ESTUDOS EUROPEUS SOBRE PEGADA DE CARBONO DE MARGARINA E MANTEIGA.....	31
QUADRO 2 – APRESENTAÇÃO COMPARATIVA DOS PRODUTOS MARGARINA E MANTEIGA.....	33
QUADRO 3 - TIPO E ORIGEM DOS DADOS AO LONGO DA FRONTEIRA DELIMITADA PARA AS ACVS DA MARGARINA E MANTEIGA.....	37
QUADRO 4 – DADOS PRIMÁRIOS DE ENTRADA E SAÍDA DE PRODUÇÃO DE MARGARINA E DE MANTEIGA.....	38
QUADRO 5 – FÓRMULA DA PEGADA DE CARBONO.	44
TABELA 1 – DADOS PRIMÁRIOS DOS DE TRANSPORTES DOS INSUMOS UTILIZADOS NA ETAPA DE PRODUÇÃO DA MARGARINA E MANTEIGA.	40
TABELA 2 – ESTUDOS EUROPEUS SOBRE PEGADA DE CARBONO.....	48
TABELA 3 - AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DA MARGARINA COM USO DE ÓLEO DE DIFERENTES REGIÕES E POSSIBILIDADE DE DESMATAMENTO E DE MANTEIGA EM DIFERENTES ALOCAÇÕES.	51

LISTA DE SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	- Avaliação do Ciclo de Vida
AICV	- Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida
AR4	- <i>Assessment Report 4</i>
BSI	- <i>British Standards</i>
CD	- Centro de Distribuição
CML-IA	- <i>Chain Management by Life Cycle Assessment for Impact Assessment</i>
DBO	- Demanda Biológica de Oxigênio
DQO	- Demanda Química de Oxigênio
EPA	- <i>Environmental Protection Agency</i>
FAO	- <i>Food and Agriculture Organization</i>
GEE	- Gases de Efeito Estufa
GWP	- <i>Global Warming Potential</i>
ICV	- Inventário do Ciclo de Vida
IPCC	- <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
LCC	- <i>Life Cycle Costing</i>
LCSA	- <i>Life Cycle Sustainability Assessment</i>
ONU	- Organização das Nações Unidas
PAS	- <i>Publicly Available Specification</i>
PDV	- Ponto de Venda
PNUMA	- Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
REPA	- <i>Resource and Environmental Profile Analysis</i>
SIDS	- <i>Small Islands Developing States</i>
SLCA	- <i>Social Life Cycle Assessment</i>
tkm	- <i>One tonne kilometre</i>
UF	- Unidade Funcional
UNEP	- <i>United Nations Environment Programme</i>
UNFCC	- <i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>
WMO	- <i>World Meteorological Organization</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. OBJETIVO GERAL	15
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	17
2.1. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL: AQUECIMENTO GLOBAL.....	17
2.2. AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA (ACV) DE PRODUTOS	19
2.2.1. Normatização da ACV	20
2.2.2. Alocação	22
2.2.3. Ferramentas e Métodos para Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)	22
2.3. PEGADA DE CARBONO	24
2.3.1. Emissão de GEE no setor alimentício.....	25
2.3.2. Rotulagem da Pegada de Carbono	26
2.4. MARGARINA E MANTEIGA	28
2.4.1. Pegada de Carbono dos produtos Margarina e Manteiga	30
3. MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1. PRODUTOS ESTUDADOS E UNIDADE FUNCIONAL	33
3.2. FRONTEIRAS DO SISTEMA.....	34
3.3. ÁREA DE ESTUDO	36
3.4. COLETA DE DADOS.....	36
3.4.1. Transportes.....	39
3.4.2. Alocação	41
3.4.3. Inserção dos dados no <i>software</i>	42
3.4.4. Avaliação de Impactos.....	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1. PEGADA DE CARBONO	45

4.1.1. Contribuições do Ciclo de Vida da Margarina e Manteiga sobre a Pegada de Carbono	48
4.1.2. Rotulagem	50
4.2. DEMAIS CATEGORIAS DE IMPACTO	50
5. CONCLUSÕES	54
REFERÊNCIAS	56

1. INTRODUÇÃO

A população cada vez mais urbana tem demandado facilidades que, muitas vezes, vão contra a preservação dos recursos naturais e bem estar do meio físico, biótico e social, uma vez que necessita de certos serviços, produtos e processos que impactam negativamente o meio ambiente e utilizam matérias-primas e processos que também deixam vestígios ao longo de toda a cadeia produtiva.

Ao passo que o progresso traz a evolução da tecnologia, notícias sobre os impactos socioambientais das empresas são cada vez mais difundidas, gerando uma conscientização que alcança proporções cada vez maiores.

Um dos problemas ambientais globais de maior repercussão das últimas décadas é o aquecimento global, o qual tem sido correlacionado às emissões antrópicas excessivas dos gases de efeito estufa (GEE) e às mudanças climáticas. Órgãos globais, como a Organização das Nações Unidas (ONU), têm incentivado a redução das emissões dos GEE e aumentam a importância da questão nos mais diversos fóruns, órgãos e instituições, tais como o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), entre outros.

Concomitantemente, as empresas têm se preocupado com a boa reputação de suas marcas que, além de conformidade legal, têm também se engajado em causas sociais e ambientais, o que lhes dá diferenciais mais responsáveis em seus produtos e serviços.

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de produtos é uma metodologia para identificar os impactos ambientais que ocorrem desde a extração da matéria-prima até sua disposição final.

Dentre os vários impactos analisados, estão o potencial de acidificação, potencial de eutrofização, ocupação de terra, demanda acumulada de energia e potencial de aquecimento global. Este último, também chamado de Pegada de Carbono, é resultado de um inventário sobre as emissões de GEE ao longo da cadeia de um produto, caracterizado para um indicador final de categoria em CO₂ e, e será a ênfase deste trabalho para a margarina e manteiga.

A margarina e a manteiga concorrem globalmente no mercado de produtos para espalhar no pão, também conhecido como *spreads*, e para substituir o óleo de

cozinha nas preparações culinárias. Os processos de obtenção de matérias-primas e de transformações industriais que envolvem suas produções são bastante distintos, resultando também em aspectos nutricionais e ambientais diferentes.

Na busca por produtos alimentícios mais saudáveis, dois produtos alimentares com a mesma função passam a competir por este requisito. Esta disputa se intensifica quando ainda não se pode encontrar uma definição clara entre médicos e nutricionistas sobre qual é a opção mais saudável para o consumidor.

No Brasil, os critérios preço e qualidade são bastante significativos, o que pode justificar a liderança de mercado da margarina frente à manteiga. A comunicação de uma característica ambiental do produto para o consumidor institui mais um possível critério para decisão de compra, como por exemplo, a emissão de dióxido de carbono (CO₂) ao longo do seu ciclo de vida.

Este estudo relata impactos ambientais negativos de produção de *spreads* em cinco cenários distintos: três para a margarina (com óleo de soja proveniente do sul, do centro oeste sem uso de desmatamento e do centro oeste com uso de desmatamento) e dois para manteiga (com alocação por massa e econômica). A ênfase foi dada para emissão de gases que causam aquecimento global e que podem ser aplicados em selos de pegada de carbono, um critério de sustentabilidade que, futuramente, pode influenciar a decisão de compra da margarina e da manteiga produzidas no sul do Brasil.

1.1. OBJETIVO GERAL

Comparar a pegada de carbono da margarina e da manteiga produzidas no sul do Brasil, bem como outros parâmetros de impactos ambientais de análise de ciclo de vida de produto.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Mapear os processos elementares da margarina e da manteiga produzidas

- em uma empresa nacional localizada no Sul do país;
2. Realizar análise de sensibilidade para diferentes alocações na produção da manteiga e para as origens de grãos do sul e centro oeste do Brasil para produção da margarina;
 3. Discutir implicações da comunicação em ACV por meio da rotulagem.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Este item abordará questões relacionadas ao aquecimento global e mudanças climáticas, introduzirá a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) de produtos por meio de um breve histórico e aspectos sobre sua normatização, ferramentas e métodos. Enfatizará a ACV voltada às emissões de gases de efeito estufa, a pegada de carbono, e abordará seu cenário no setor alimentício e como rotulagem sobre produtos. Por fim, este capítulo abordará estudos da literatura sobre ACV e pegada de carbono da margarina e manteiga.

2.1. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL: AQUECIMENTO GLOBAL

Por mais de duas centenas de anos após a Revolução Industrial, o setor secundário da economia conseguiu desviar-se dos entraves para seu crescimento e partiu para uma ascensão quase inesgotável, atrelando a exploração da natureza e a força do trabalhador ao progresso e crescimento (KLUNK; OLIVEIRA, 2014).

Um passo evidente para a mudança desse paradigma foi a Conferência da ONU realizada em Estocolmo em 1972, quando líderes de inúmeros países do mundo se reuniram para discutir questões sobre a humanidade e o meio ambiente (VASSEUR, 1973).

Segundo Jackson (2007), a Declaração de Estocolmo abordou pela primeira vez a questão das mudanças climáticas, alertando os governos sobre as atividades que poderiam alterá-la negativamente e qual seria a sua probabilidade e magnitude.

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento realizada no Rio de Janeiro em 1992, deu origem a convenção *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) que atua desde 1994 com o principal objetivo de estabilizar os gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera em um nível que previna a perigosa interferência antropogênica sobre o sistema climático (UNFCCC, 2015).

Um marco relevante foi a criação do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), um órgão internacional para avaliação das mudanças climáticas

criado em 1988 pelo *United Nations Environment Programme* (UNEP) e pelo *World Meteorological Organization* (WMO) (IPCC, 2015). De acordo com o relatório do IPCC, existe uma forte relação entre as mudanças climáticas e o aumento da temperatura na Terra, denominado aquecimento global, que ocorre por conta do aumento das emissões de GEE (IPCC, 2007).

Os GEE absorvem a radiação eletromagnética infravermelha, refletida pela superfície da Terra, mantendo o calor na troposfera. O potencial de aquecimento global (GWP, *Global Warming Potential*) é um índice que representa o efeito combinado dos diferentes tempos em que os GEE permanecem na atmosfera e sua eficácia relativa na absorção de saída da radiação infravermelha térmica (IPCC, 2015).

As emissões antropogênicas dos GEE aumentam desde o período pré-industrial, impulsionadas em grande parte pelo crescimento econômico e populacional. As consequências deste crescimento resultaram na adição de concentrações de dióxido de carbono, metano e óxido nitroso maiores do que as observadas na atmosfera nos últimos 800 mil anos. Seus efeitos, juntamente com os de outros agentes antropogênicos, foram detectados em todo o sistema climático e é extremamente provável que tenha sido a causa dominante do aquecimento observado desde meados do Século XX (IPCC, 2014).

Segundo o IPCC, a influência do homem sobre o aquecimento global é clara e pode ser observada nas mudanças do ciclo da água, no derretimento das calotas polares, na elevação do nível do mar e em alguns eventos climáticos extremos (IPCC, 2013).

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, *Food and Agriculture Organizations*), o aquecimento global está impactando na segurança alimentar e na agricultura de todos os países, especialmente nos Pequenos Estados Insulares em Desenvolvimento (SIDS, *Small Islands Developing States*), onde há uma significativa população pobre e faminta, sendo que essa é uma das causas para que o combate às mudanças climáticas esteja como uma das prioridades da organização para os próximos anos (FAO, 2015).

Segundo Jorgenson (2003), a degradação ambiental tem no consumo uma de suas principais causas. Para Cohen e Vandenberg (2012), a produção, o transporte e o consumo de bens em um país contribuem com uma parcela significativa para as emissões globais de GEE, sugerindo que pequenas mudanças

nos hábitos de consumo podem gerar efeitos importantes. Porém, para Miragem (2014), preservar o meio ambiente não significa limitar o consumo e sim consumir melhor, nos padrões ambientalmente corretos.

Segundo Roy *et al.* (2009), os consumidores possuem a chance de reduzir os impactos ambientais de forma significativa no momento da compras de alimentos. Apesar do consumidor brasileiro ainda ter como principais critérios de compra o preço e a qualidade, pesquisas mostram que também priorizam consumir produtos ambientalmente corretos (BORINELLI *et al.*, 2010).

Os custos envolvidos com o controle ambiental podem, na maioria dos casos, serem evitados ou reduzidos por meio de ações sobre o ciclo de vida, incluindo mudanças sobre os fornecedores, nos processos produtivos e nas atitudes do consumidor (KROZER, 2008).

2.2. AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA (ACV) DE PRODUTOS

O conceito *Resource and Environmental Profile Analysis* (REPA), primeiro termo utilizado para designar a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de produtos, foi concebido nos Estados Unidos e Europa no final dos anos 60 e início dos anos 70. Até os anos 90 pouco havia sido claramente desenvolvido no que se refere às ACVs (HUNT; FRANKLIN, 1996).

A primeira REPA registrada nos Estados Unidos foi desenvolvida na Coca Cola (*The Coca Cola Company*) por Harry Teasley Jr. por volta de 1970. A companhia decidia na época se faria mudanças em suas embalagens e utilizou essa ferramenta como um dos critérios de decisão. O estudo identificou que as garrafas de plástico, ainda não utilizadas na época, usavam menos recursos derivados de petróleo ou gás natural do que as garrafas de vidro (DUDA; SHAW, 1997).

Segundo Guinée (1995), a continuidade deste estudo de garrafas realizado para a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, *Environmental Protection Agency*) em 1974, marcou o início da ACV como a conhecemos hoje.

Para a EPA (2015), a Avaliação do Ciclo de Vida é um sistema que quantifica os impactos sobre a saúde humana e o meio ambiente, associados à vida de um produto “do berço ao túmulo”.

De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), que utiliza a abordagem do ciclo de vida desde a década de 90, ACV é uma metodologia usada para avaliar os aspectos ambientais associados a um produto ao longo do seu ciclo de vida (UNEP, 2011).

Segundo a Plataforma Europeia de ACV, esta ferramenta ajuda a quantificar as pressões ambientais relacionadas a bens e serviços, benefícios ambientais, *trade-offs* (situação com conflito de escolha) e áreas para melhorias considerando todo ciclo de vida do produto (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da NBR ISO 14040:2009, define a ACV como uma junção e avaliação das entradas e saídas de um sistema de produto, bem como de seus impactos ambientais potenciais, ao longo do seu ciclo de vida (ABNT, 2009a).

Para Guinée *et al.* (2011), a tradicional ACV está evoluindo para uma abordagem mais abrangente, com o *Life Cycle Sustainability Assessment* (LCSA) ou Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida. O LCSA é a junção do ACV com o *Social Life Cycle Assessment* (SLCA) e o *Life Cycle Costing* (LCC), sendo que o primeiro trata de questões sociais e o segundo de econômicas (KLOEPFFER, 2008).

2.2.1. Normatização da ACV

O desenvolvimento de padrões internacionais para avaliação de ciclo de vida se estabeleceu com as normas ISO 14040:1997, ISO 14041:1999, ISO 14042:2000 e ISO 14043:2000, tendo sido essenciais para a aceitação da ACV pelas partes interessadas e comunidade (FINKBEINER *et al.*, 2006).

Segundo a ABNT, as normas que ditam as diretrizes sobre ACV no Brasil foram reestruturadas pela ISO em dois documentos encontrados hoje como a NBR ISO 14040:2009 Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura, e a NBR ISO 14044:2009 Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações (ABNT, 2015).

Segundo a ISO 14040:2009, uma ACV é composta por quatro fases (Figura 1): definição de objetivo (abrangência e profundidade do estudo) e escopo (nível de

detalhamento); análise de inventário do ciclo de vida (ICV); avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV) e interpretação (ABNT, 2009a).



FIGURA 1 - ETAPAS DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA.
FONTE: ADAPTADO DE (ABNT, 2009A).

A fase de análise de ICV consiste na elaboração de um inventário com dados de entrada e saída de um sistema de produto (p.ex., óleo usado na margarina, leite usado na manteiga e as saídas de um tratamento de efluentes), enquanto a AICV avalia a magnitude e relevância ambiental do resultado do ICV. É possível chegar à interpretação sem realizar a AICV, cujo procedimento é denominado Estudo de ICV (ABNT, 2009a).

De acordo com a norma ISO 14040, que traz princípios e estrutura da Avaliação do Ciclo de Vida, a técnica consiste na avaliação das entradas e saídas de parâmetros de impactos ambientais de um produto ao longo da sua cadeia, da aquisição de matéria-prima à disposição final, ou seja, do berço ao túmulo.

Dentre suas aplicações estão a identificação de melhorias no desempenho ambiental do produto ao longo do seu ciclo de vida e a comunicação para o consumidor via rotulagem ambiental de acordo com a ISO 14040 (ABNT, 2009b).

Esta ferramenta é poderosa para quantificar, avaliar, comparar e melhorar bens e serviços em relação aos seus impactos ambientais, dentre eles: mudanças climáticas (Pegada de Carbono), depleção da camada de ozônio, eutrofização, acidificação, dentre outros (REBITZER *et al.*, 2004).

2.2.2. Alocação

A alocação é um método utilizado para dividir a carga ambiental de produtos com processos interligados no ciclo de vida, como ocorre com o queijo e o leite, óleo diesel e gasolina, etc. (COTRO; CETEA; ICAL, 2007). Dependendo do objetivo e escopo do estudo, a alocação deve seguir as recomendações da ISO 14044: i) ser evitado por meio de uma expansão das fronteiras do sistema ou desagregação dos processos em subprocessos, ou ii) ser definido sobre uma alocação adequada e consistente (AZAPAGICA; CLIFT, 1999).

A norma ISO 14044 orienta bases para alocação, quando esta não puder ser evitada pela expansão do sistema, na seguinte ordem: propriedades físicas (como massa, por exemplo) e o valor econômico (valor de mercado) para casos de reuso e reciclagem (ABNT, 2009b).

Segundo diretrizes da norma PAS 2050 para ACVs voltadas às emissões de CO₂ e, caso seja essencial o uso de alocação, que esta seja em proporção ao valor econômico dos coprodutos (BSI, 2008).

Para Rice e Holden (2014), não é clara a existência de uma função objetiva que reflita uma alocação apropriada, mas a alocação econômica reflete apenas o valor de mercado e a massa não é necessariamente proporcional ao impacto, como é o caso de minas de diamantes.

No que se refere à produção de leite, é necessário dividir as emissões associadas à vaca entre os diferentes produtos (FLYSJO, 2011). Flysjö *et al.* (2014) propuseram uma alocação para produtos lácteos que se baseia no peso de gordura e quantidade de proteína (1:1,4) do leite, como um método alternativo para as alocações econômica e por quantidade de sólidos no leite, comumente utilizadas em ACVs de laticínios.

2.2.3. Ferramentas e Métodos para Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)

Os dois *softwares* mais usados globalmente para estudos de ACV são o SimaPro® e o Gabi®, os quais em geral geram resultados similares, mas existem

casos em que podem gerar resultados diferentes, o que mostra que a escolha do *software* pode influenciar no resultado final do estudo (HERRMANN; MOLTESEN, 2015). Segundo Speck *et al.* (2015), há evidências de que a escolha do *software* utilizado para análises ambientais pode influenciar nas decisões a serem tomadas, como por exemplo, as emissões de gases de efeito estufa da garrafa de vidro serem maiores no *software* Gabi® do que no SimpaPro®.

O SimaPro® é desenvolvido e fornecido pela *Pre Consultants*, empresa baseada nos Países Baixos (PRESUSTAINABILITY, 2015). Este *software* foi construído seguindo as recomendações das normas ISO 14040 e 14044 e é utilizado em mais de 80 países (ACV BRASIL, 2015). É uma ferramenta famosa por sua flexibilidade em manusear diferentes métodos de avaliação de impacto e vem com uma grande base de dados inclusa, sendo possível a ligação com outras bases de dados (FU *et al.*, 2014).

O *ecoinvent*® é a base de dados do Inventário de Ciclo de Vida mais utilizada no mundo (ECOINVENT, 2015). Contém um conjunto de dados de produtos e serviços, dentre eles energia, transporte, materiais de construção, químicos, papéis, plástico, tratamento de resíduos, entre outros (WEIDEMA *et al.*, 2009). Segundo Pascual-González *et al.* (2015), ele abrange milhares de processos relacionados com as atividades humanas, classificadas por região, setor econômico e tipo de produto.

O método utilizado na etapa de avaliação de impactos também é uma questão importante que pode influenciar os resultados da ACV (RENOU *et al.*, 2008). Para alguns dos métodos, o cálculo da avaliação de impactos envolve três etapas: caracterização, normalização e ponderação. A primeira transforma fluxos de inventário em indicadores de impacto que são quantificados pela contribuição de cada fluxo a um potencial dano ambiental. Na normalização, cada impacto é dividido de acordo com a referência correspondente, calculado ao longo de uma região ou país. Por fim, para a tomada de decisões, os pesos que devem ser representantes das prioridades ambientais são selecionados (RENOU *et al.*, 2008).

A *Chain Management by Life Cycle Assessment for Impact Assessment* (CML-IA) é um método para Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV) e é utilizado pelo *software* CMLCA, disponível no SimaPro® (CML, 2015).

Segundo Renou *et al.* (2008), o método CML-IA é orientado para o problema, na qual a participação de cada fluxo de processo é contabilizada com um

conjunto de fatores que causam diferentes impactos ambientais (como aquecimento global, eutrofização, etc.).

2.3. PEGADA DE CARBONO

O gerenciamento da pegada de carbono na cadeia de produtos é um passo importante para o esforço de reduzir as emissões de carbono e mitigar as mudanças climáticas (CARBON TRUST, 2006). Segundo Drewnowski *et al.* (2015), a pegada de carbono, estimada através dos gases de efeito estufa (GEEs), tornou-se um critério importante para avaliar a sustentabilidade ambiental de alimentos.

A *British Standards (BSI)* desenvolveu a norma *Publicly Available Specification (PAS) 2050: 2008* (BSI, 2008) para suprir a demanda da comunidade e da indústria por um método para avaliação das emissões de GEE do ciclo de vida de produtos e serviços. De acordo com Wu *et al.* (2014), a PAS 2050 foi a primeira norma específica para emissão de GEE desenvolvida pela *Carbon Trust* em parceria com a *British Standards Institute* e o *Department for Environment, Food and Rural Affairs* (DEFRA). Esta norma inclui requerimentos específicos que limitam a interpretação da abordagem do ACV na pegada de carbono do produto (SINDEN, 2009).

Os GEE definidos pelo Protocolo de Kyoto (UNFCCC, 1998) são: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorcarbonetos (HFCs), perfluorados (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF_6). A Emenda de Doha sobre o Protocolo de Kyoto adicionou um sétimo gás de efeito estufa, o trifluoreto de nitrogênio (NF_3) (UNFCCC, 2012).

De acordo com a PAS 2050:2008 (BSI, 2008), o CO_2 equivalente (CO_2e) é uma unidade para normalização da capacidade de retenção de calor de um GEE em relação ao dióxido de carbono, multiplicando-se a massa de um determinado GEE pelo GWP (*Global Warming Potential*), proposto pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC).

O GWP representa uma integração ao longo de um horizonte de tempo, como 20 anos ou 100 anos, da força radiativa de uma tonelada do gás de efeito

estufa emitida no início do período, em comparação com uma tonelada de CO₂ emitida simultaneamente (FEARNSIDE, 2015).

O IPCC tem incluído GWPs em seus relatórios para diversos gases e diferentes horizontes de tempo; sendo que a escolha deste interfere no resultado final da análise. O relatório AR4 (*Assessment Report 4*) de 2007 divulgou que o GWP do metano era 25 para o horizonte de 100 anos e 72 para o horizonte de 20 anos, enquanto que o quinto relatório (AR5) considerou novos GWPs nos mesmos horizontes com e sem a retroalimentação do ciclo do carbono (COHEN; WINKLER, 2014). Segundo Cox *et al.* (2000), esta retroalimentação deverá se originar de um enfraquecimento do sumidouro terrestre de carbono e causar uma possível reversão para a fonte, podendo aumentar a quantidade de CO₂ na atmosfera e acelerar as mudanças climáticas no século XXI.

De acordo com a norma PAS 2050:2008 (BSI, 2008), o GWP 100 dos GEE de acordo com o AR4 de 2007 (IPCC, 2007) deve ser considerado para estudos sobre a pegada de carbono.

2.3.1. Emissão de GEE no setor alimentício

O sistema global de produção de alimentos contribui significativamente para as emissões de gases de efeito estufa com todos os estágios de sua cadeia de suprimentos. Esses estágios envolvem desde a produção rural, passando por industrialização, distribuição, venda, preparação do alimento na casa dos consumidores, até a geração de resíduos (GARNETT, 2013). Segundo a FAO (2015), a agricultura representa de 10% a 12% das emissões de gases de efeito estufa e mudanças nas práticas deste setor podem viabilizar a redução dessas emissões e mitigação das mudanças climáticas.

A pecuária corresponde a 18% das emissões de GEE do planeta, seja diretamente pelas emissões oriundas da fermentação entérica ou indiretamente pela produção de fertilizantes para plantações de grãos e produção de ração (SEJIAN *et al.*, 2015). Reforçando esse aspecto, Tan *et al.* (2014) analisaram produções de carne em diferentes regiões do mundo e concluíram que a produção de carne bovina é a maior emissora de GEE, chegando a uma pegada de aproximadamente seis

vezes maior da segunda produção mais emissora, a suína, e 10 vezes maior do que a terceira maior emissora, a produção de frango. Na produção de carne bovina, a alta emissão de GEE provém da fermentação entérica (44,7%), seguida da produção de alimentos para os animais (26,4%). Na produção de suínos, as emissões são, principalmente, do tratamento de esterco (44,7%), enquanto que, na produção de frango, a principal atividade emissora é a produção de alimentos para as aves (47,2%) (TAN *et al.*, 2014).

O Brasil é o maior exportador de carne bovina do mundo e sua criação de gado é considerada impacto negativo no meio ambiente pela substituição da vegetação nativa, como ocorreu com a devastação da Mata Atlântica e como ocorre hoje com a Amazônia. A queimada das vegetações nativas para produção de pastagens, as emissões de gases-traço (NO_x , N_2O e CH_4) pelo solo e o metano emitido pelo gado no pasto são três impactos que, juntos, fazem que a carne da região amazônica seja uma das fontes alimentares mais prejudiciais para o meio ambiente do mundo (McALPINE *et al.*, 2009).

De acordo com Parker *et al.* (2009), as causas da demanda por terras agrícolas variam em todo o mundo. Os empreendimentos do agronegócio que produzem carne e soja para o mercado externo são exemplos dessas demandas na América do Sul e causas da influência desse continente sobre o aquecimento global.

No que se refere às emissões de gases de efeito estufa, além do uso da terra, a produção de grãos também contribui com o aspecto do transporte para uso em outras regiões do país (PRUDÊNCIO DA SILVA, 2010).

2.3.2. Rotulagem da Pegada de Carbono

Informação sobre emissões de CO_2 obtidas por ACV são incluídas nos rótulo dos produtos por meio da pegada de carbono para motivar o comportamento de compra do consumidor (TAN *et al.*, 2014). No entanto, segundo Hartikainen *et al.* (2014), essas informações só passam a ser importantes depois que outros critérios, como preço e sabor, tenham sido contemplados.

Por outro lado, sem as informações sobre suas implicações nos impactos negativos ambientais como as mudanças climáticas, os consumidores são

incapazes de realizar escolhas conscientes sobre qual produto escolher e como utilizá-lo. Ainda, há a necessidade de acreditação de terceiros para realização da rotulagem de “pegada de carbono” (COHEN; VANDENBERGH, 2012).

De acordo com Wu *et al.* (2014), a primeira rotulagem de carbono do mundo, conhecida como *Reducing CO₂ Label*, foi publicada pela *Carbon Trust* no Reino Unido em 2006 e se tornou a norma PAS 2050 (BSI, 2008). O objetivo da *Reducing CO₂ Label* era quantificar as emissões de GEE no ciclo de vida de produtos e reconhecer o comprometimento dos fabricantes com a redução dessas emissões (WU *et al.*, 2014).

Atualmente, a *Carbon Trust* certifica a pegada de carbono com selo próprio (FIGURA 2). Deste modo, essa imagem pode ser utilizada para que os produtos comuniquem suas credenciais de sustentabilidade, construam sua reputação e impulsionem suas vendas para consumidores mais conscientes sobre as questões ambientais (CARBON TRUST, 2015).

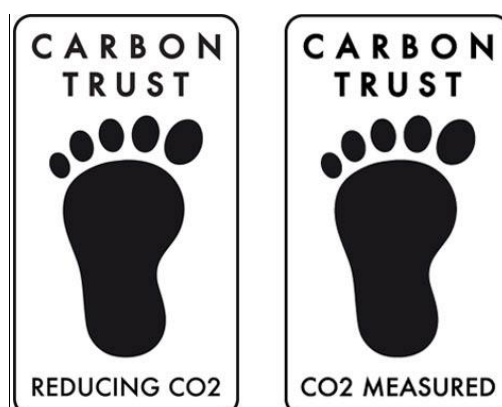


FIGURA 2 - RÓTULO DA CERTIFICAÇÃO "CARBON TRUST" SOBRE REDUÇÃO E MEDIÇÃO DE CO₂ DE PRODUTOS.

FONTE: CARBON TRUST, 2015.

Outros aspectos devem ser considerados. O desconhecimento do significado da expressão pegada de carbono foi identificada por Hartikainen *et al.* (2014) em um estudo sobre a percepção de consumidores finlandeses sobre esta rotulagem – apenas 7% das pessoas a relacionaram com as emissões de gases de efeito estufa, apesar de 90% dos entrevistados atestarem que a pegada de carbono no produto teria ao menos um pequeno impacto nas suas decisões de compra.

A rede varejista inglesa Tesco iniciou a rotulagem de pegada de carbono em parceria com a *Carbon Trust* em 2008, mas após quatro anos tirou essa rotulagem dos mais de 500 produtos (QUINN, 2012). Isso ocorreu porque os custos de

obtenção de rótulos de carbono para os produtos superaram os benefícios de vendas obtidos (WU *et al.*, 2014). Por outro lado, a rede de *fast food* Max Burgers teve sucesso na rotulagem de pegada de carbono para seus hambúrgueres na Suécia em 2008 e se tornou a rede mais popular do setor neste país (VAN GILDER COOKE, 2012). Segundo Tan *et al.* (2014), esses casos de falha e sucesso, respectivamente, mostram que a decisão do consumidor pode ser influenciada pela pegada de carbono, mas seria necessário que um maior número de produtos contivessem essa informação na rotulagem para permitir a comparação entre eles.

2.4. MARGARINA E MANTEIGA

De acordo com o Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal do Ministério da Agricultura, margarina é um produto gorduroso em emulsão estável com leite ou derivados e outros ingredientes, e possui cheiro e sabor característico. Para ser considerada margarina, quando a gordura láctea se faz presente, esta não deve exceder a 3% do teor de lipídios totais (BRASIL, 1997). Esse mesmo órgão define manteiga como um produto gorduroso obtido pela bateção e malaxagem de creme pasteurizado derivado do leite de vaca. Para ser considerada manteiga, a gordura deve ser exclusivamente láctea (BRASIL, 1996).

Os produtos margarina e manteiga concorrem mundialmente no mercado de *spreads* (produto para espalhar no pão). Ambas são gorduras, a primeira é predominantemente vegetal e a segunda é animal; ambas são utilizadas na culinária em substituição ao óleo de cozinha. Deste modo, embora tenham funções similares, os processos e insumos envolvidos são distintos (FIGURA 3 e FIGURA 4) e impactam diferentemente no meio ambiente.

De acordo com o Instituto Americano de Manteiga, em 2013 o consumo deste produto nos Estados Unidos alcançou seu maior nível dos últimos 40 anos (AMERICAN BUTTER INSTITUTE, 2015). Esta mudança de comportamento foi atribuída ao fato de que a margarina e outros *spreads* não são mais vistos como opções saudáveis. No Brasil, o consumo da margarina cresceu de 2012 para 2013 e o produto representa mais da metade dos *spreads* consumidos no país (KANTAR WORLD PANEL, 2013). Logo, a preferência é uma decisão multifatorial e com

preponderância pessoal. Neste sentido, a informação de pegada de carbono pode contribuir para essa escolha e, conseqüente, produção de produtos.

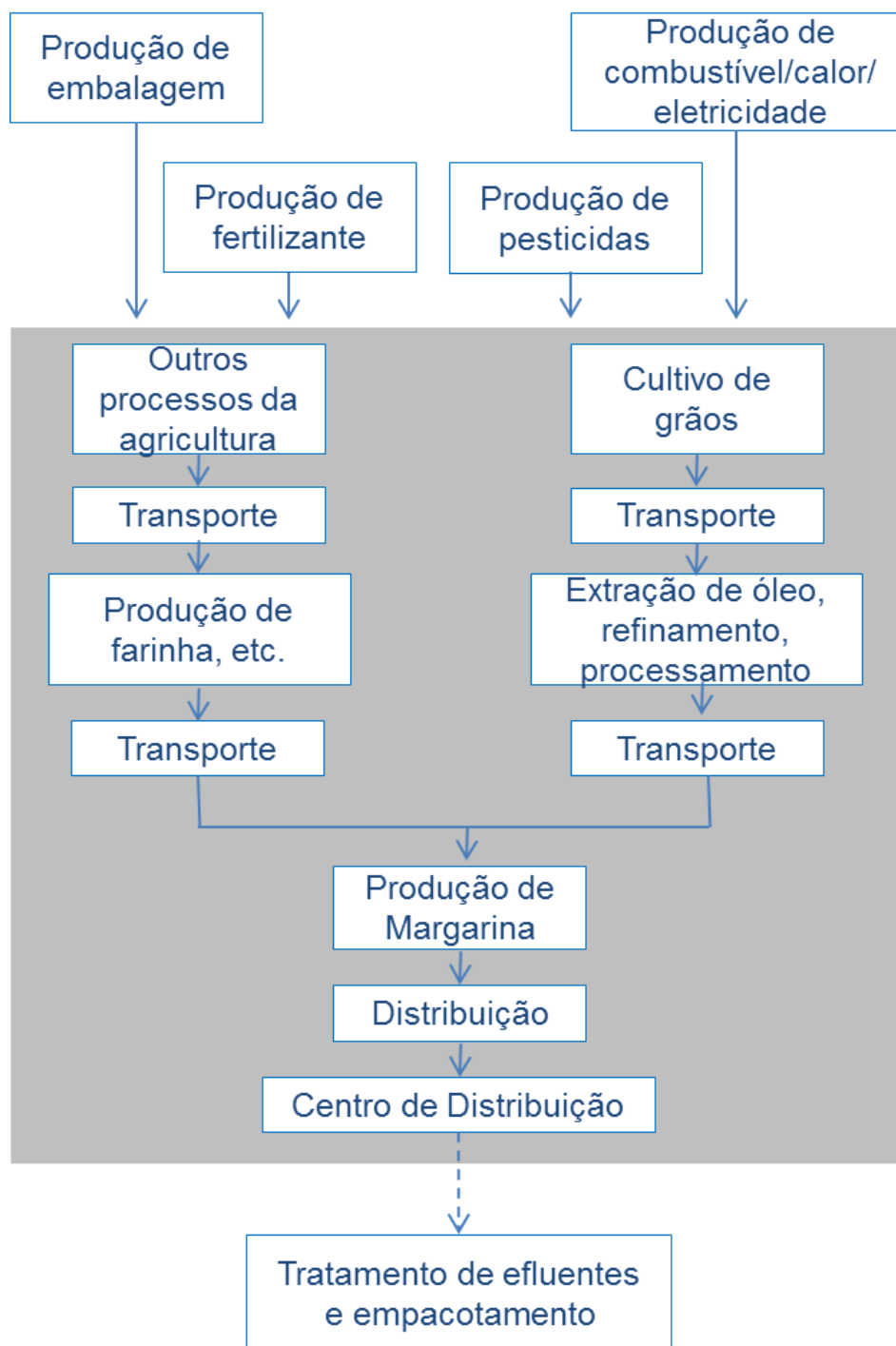


FIGURA 3 - DIAGRAMA DE BLOCOS DE PRODUÇÃO DE MARGARINA.
FONTE: ADAPTADO DE NILSSON *et al.* (2010).

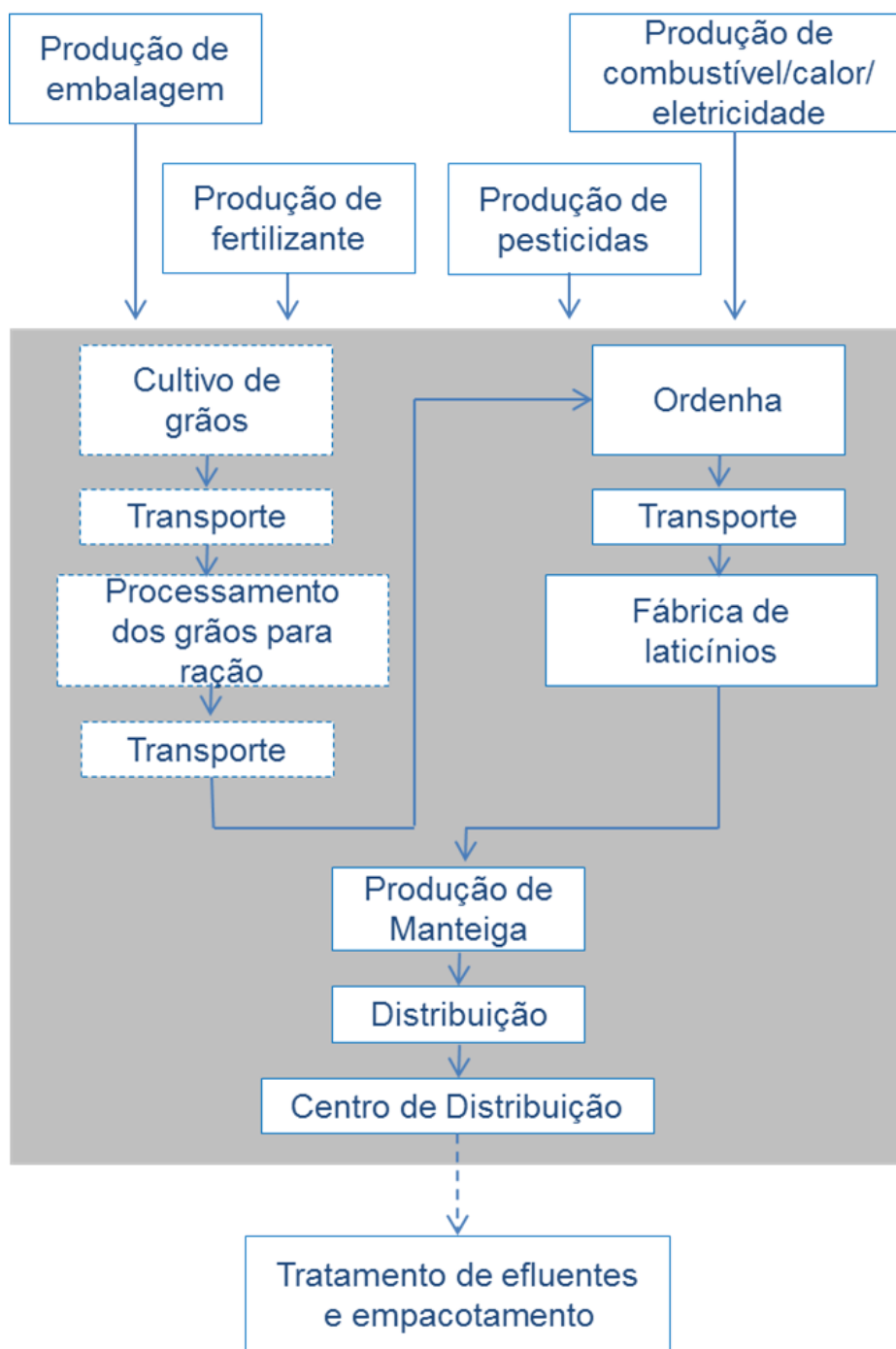


FIGURA 4 - DIAGRAMA DE BLOCOS DE PRODUÇÃO DE MANTEIGA.
 FONTE: ADAPTADO DE *et al.* (2010).

2.4.1. Pegada de Carbono dos produtos Margarina e Manteiga

Quanto à abordagem ambiental, de acordo com Nilsson *et al.* (2010), a margarina produzida no Reino Unido, Alemanha e França é ambientalmente mais

favorável do que a manteiga em relação ao aquecimento global, potencial de eutrofização e acidificação. Outros dados sobre laticínios processados na Sérvia, incluindo a manteiga, revelaram que há impactos ambientais negativos mais significativos no campo, antes do leite chegar na fábrica (DJEKIC *et al.*, 2014).

Além de Nilsson *et al.* (2010) e Djekic *et al.* (2014), demais estudos sobre pegada de carbono de margarina e manteiga identificados ocorreram na Europa (Quadro 1). Guinée (1995) desenvolveu uma metodologia de ACV com estudo de caso de quatro margarinas produzidas nos Países Baixos e Flysjö *et al.* (2014) analisaram a produção de manteiga na Dinamarca (QUADRO 1).

QUADRO 1 - ESTUDOS EUROPEUS SOBRE PEGADA DE CARBONO DE MARGARINA E MANTEIGA

Autores	Pegada de Carbono Margarina (500g) – Kg CO₂ e	Pegada de Carbono Manteiga (500g) – Kg CO₂ e
Guinée (1995) – Países Baixos	2,5 a 3,65	
Nilsson <i>et al.</i> (2010) – Reino Unido, Alemanha e França	0,55 ^{*1} , 0,66 ^{*2} , 0,83 ^{*3}	4,8 ^{*1} , 4,5 ^{*2} , 3,6 ^{*3}
Flysjö <i>et al.</i> (2014) – Dinamarca		4,05
Djekic <i>et al.</i> (2014) – Sérvia		10,34 a 10,65

NOTA: ^{*1} = REINO UNIDO; ^{*2} = ALEMANHA; ^{*3} = FRANÇA.

No tocante a algumas definições metodológicas, tais como o procedimento de alocação, Nilsson *et al.* (2010) utilizaram alocação econômica, Flysjö *et al.* (2014) propuseram um método por peso de gordura e quantidade de proteína (relação de 1:1,4) e Djekic *et al.* (2014) adotaram a alocação físico-química de Feitz *et al.* (2007), que consiste em uma matriz de 11 diferentes produtos de uma indústria de laticínios e suas respectivas demandas, tais como: água, eletricidade, combustível para energia térmica, detergentes alcalinos, detergentes ácidos e geração de efluentes.

Segundo Guinée (1995), uma troca por alocação econômica aumentaria de 0,5% até 74% a pegada de carbono dos produtos, revelando que um estudo de ACV pode apontar para direções muito diferentes, dependendo de escolhas que são feitas sobre a alocação.

Neste trabalho, as ACVs de manteiga e de margarina foram realizadas para condições especificamente brasileiras da região sul do Brasil, localizada a grandes distâncias de algumas matérias-primas, incluindo o uso de expansão agrícola com

emprego de terras da região centro oeste. Essa abordagem é inédita com dados de produção brasileira, onde pode ser destacado o levantamento e uso de dados primários para descrever a realidade de nosso país. As referências europeias são utilizadas para comparação, uma vez que foram identificados na literatura como estudos de pegada de carbono de margarina e manteiga.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Avaliações de Ciclo de Vida (ACV) foram realizadas para margarina e para manteiga, bem como comparação com outros estudos relatados. A metodologia utilizada foi baseada nas normas NBR ISO 14040:2009 Gestão ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e Estrutura (ABNT, 2009a), NBR ISO 14044:2009 Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Requisitos e Orientações (ABNT, 2009b), e na PAS 2050:2008 Especificação para Avaliação das Emissões de Gases de Efeito Estufa no Ciclo de Vida de Bens e Serviços (BSI, 2008).

Deste modo, a descrição das etapas metodológicas neste documento está estruturada conforme as quatro fases definidas pelas normas..

3.1. PRODUTOS ESTUDADOS E UNIDADE FUNCIONAL

A margarina e a manteiga possuem a mesma função de produto, ou seja, são gorduras usadas como *spreads* (produto para espalhar no pão) e na culinária, como substituto do óleo (Quadro 2).

A unidade funcional (UF) foi definida como 500 g de produto embalado e disponibilizado em condicionamento final.

QUADRO 2 – APRESENTAÇÃO COMPARATIVA DOS PRODUTOS MARGARINA E MANTEIGA.

Margarina	Manteiga
80% gordura vegetal; Vendida em unidade de 500 g; Embalagem de polipropileno; Produzida no Sul do Brasil e consumida pelo mercado brasileiro	82% gordura animal; Vendida em unidade de 500 g; Embalagem de polipropileno; Produzida no Sul do Brasil e consumida pelo mercado brasileiro

3.2. FRONTEIRAS DO SISTEMA

A fronteira definida para este estudo é “do berço (produção agrícola) ao portão do centro de distribuição”, o que significa que foram considerados dados desde a produção das principais matérias-primas de ambos os produtos até o produto embalado, armazenado e disponível no Centro de Distribuição (CD) para encaminhamento ao Ponto de Venda (PDV).

Foram realizadas entrevistas com funcionários de uma empresa nacional e visitas às unidades fabris para mapeamento dos sistemas de processos existentes na fronteira delimitada e suas entradas e saídas. No que se refere a etapa agropecuária (produção de soja para margarina e produção de leite para manteiga), foram verificadas as entradas e saídas publicadas pela bibliografia.

As entradas de ambos os sistemas se resumem a água, energia e uso de materiais, ingredientes e insumos, enquanto que as saídas são os produtos, coprodutos, resíduos e emissões para água, solo e ar.

O sistema da margarina (FIGURA 5) compõe-se pelos processos elementares de produção dos grãos de soja, extração de óleos, fábrica de margarinas (na qual ocorrem o refinamento do óleo, mistura de ingredientes e demais processos fabris), transportes da matéria-prima principal (soja), dos materiais de embalagens, ingredientes e demais entradas e saídas, até o produto disponibilizado no centro de distribuição.

No que se refere ao sistema da manteiga (FIGURA 6), este se resume com os processos elementares de produção de leite, fábrica de laticínios, disposição final e transportes do leite e principais materiais de embalagem. A produção do leite cru foi assumida como de sistema de ordenha semiconfinada, por ser o mais comum dentre os sistemas dos leites recebidos pela unidade fabril em estudo. Na fábrica de laticínios, única fábrica deste sistema, o leite cru é transformado em leite desnatado, leite e manteiga.

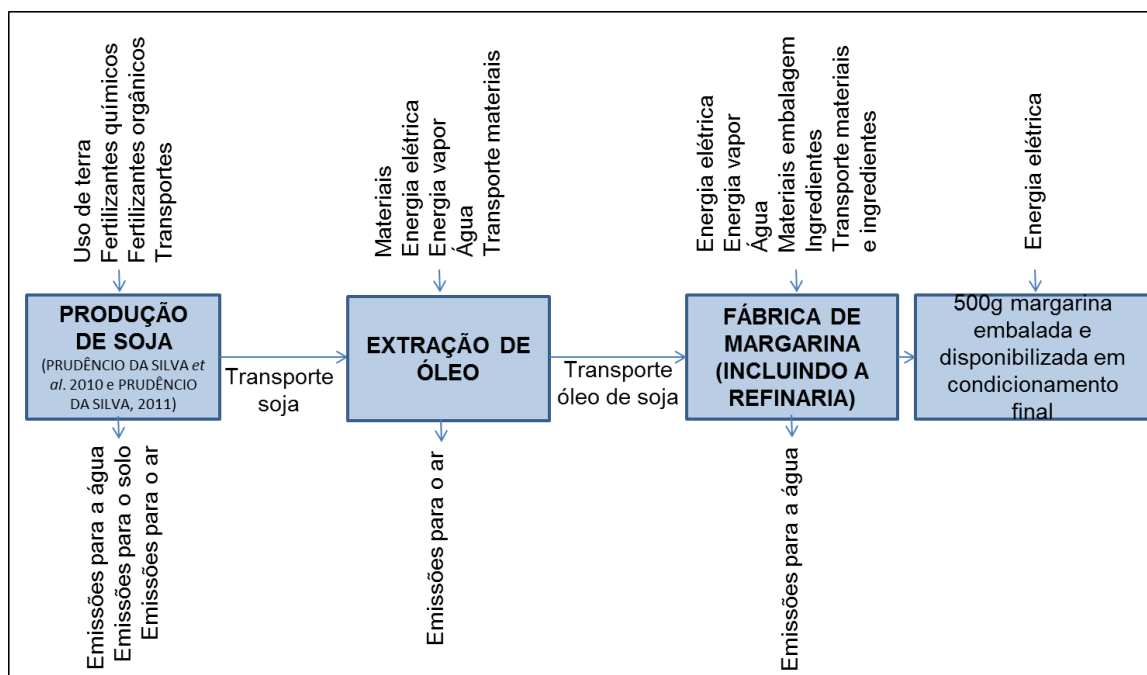


FIGURA 5 - PROCESSOS ELEMENTARES DE MATÉRIA E ENERGIA DO PRODUTO MARGARINA.

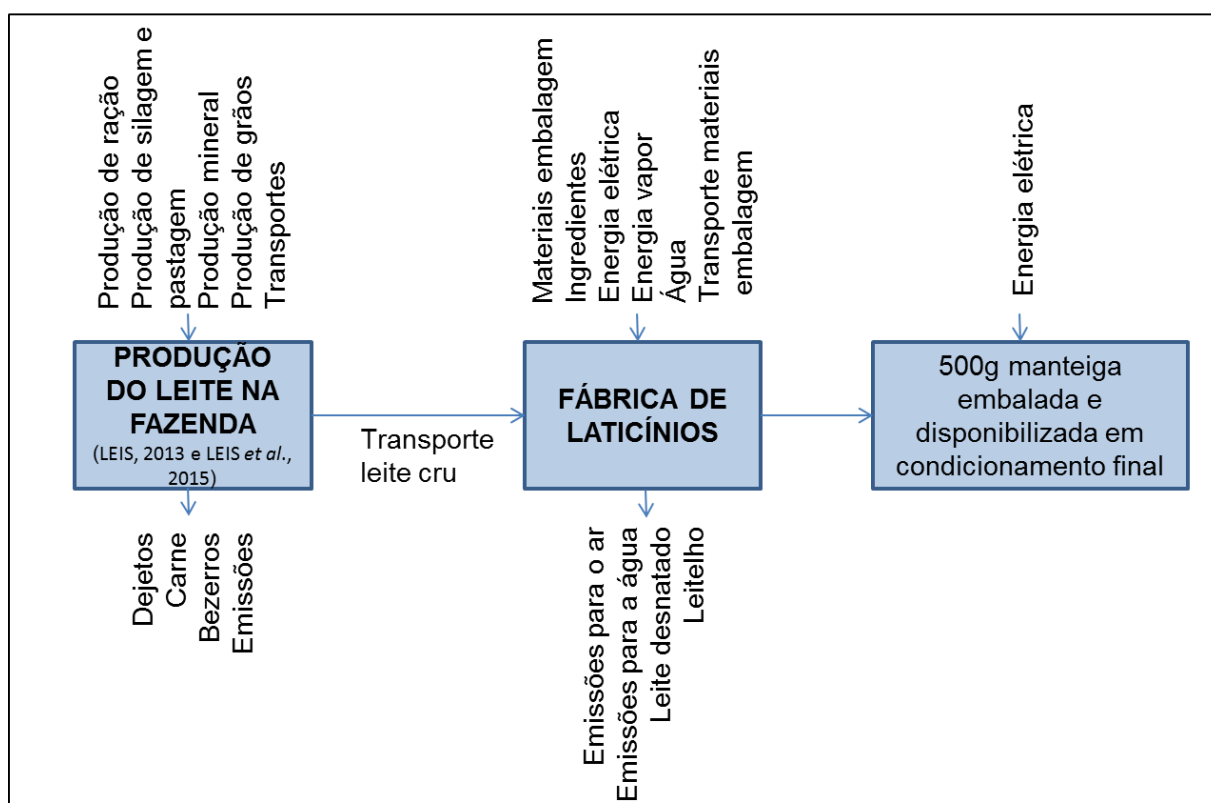


FIGURA 6 - PROCESSOS ELEMENTARES DE MATÉRIA E ENERGIA DO PRODUTO MANTEIGA.

3.3. ÁREA DE ESTUDO

Os locais de extração de matéria-prima e indústrias da margarina e manteiga estão localizados no sul do Brasil. O município de Tibagi, maior produtor do grão de soja da região (IBGE, 2015), foi usado como referência de local em que ocorre a extração de matéria prima da margarina.

Embora a unidade fabril deste estudo de caso esteja localizada na Região Sul do Brasil e utilize grãos próximos à fábrica, o centro oeste brasileiro é a região líder em produção de soja no país e também fonte desta matéria-prima para produção da margarina no sul. Assim, essa região, mais precisamente o Estado do Mato Grosso, também foi considerado como fornecedor de soja para a fábrica de óleos.

Deste modo, foram considerados três cenários para a análise dos resultados sobre a margarina: grãos no sul; grãos no centro oeste com desmatamento e grãos no centro oeste sem desmatamento. Esta definição é relevante, pois os cálculos de pegada de carbono com grãos provenientes da região centro oeste devem contabilizar as emissões oriundas do desmatamento de floresta amazônica e de cerrado (PRUDÊNCIO DA SILVA *et al.* 2010; PRUDÊNCIO DA SILVA, 2011).

Para a produção da manteiga o estudo assumiu a cidade de Castro como origem do leite, por se tratar da maior produtora do estado (MILKPOINT, 2015).

3.4. COLETA DE DADOS

Os dados foram divididos em dois grupos: de campo e estimados. Os de campo foram coletados por meio da visita técnica nas unidades e contato direto com os responsáveis pelos processos, enquanto que os estimados provêm de bases de dados de *software*.

Além desta classificação, os dados também foram divididos em primários e secundários (QUADRO 3). Os primários foram coletados pela autora e os secundários são oriundos de outros autores e do *software ecoinvent*[®]. A produção

do óleo de soja foi relatada por Prudêncio da Silva (2011) e a produção do leite na fazenda por Leis *et al.* (2015).

QUADRO 3 - TIPO E ORIGEM DOS DADOS AO LONGO DA FRONTEIRA DELIMITADA PARA AS ACVS DA MARGARINA E MANTEIGA.

Tipos de Dados	Fronteira do Sistema	Origem dos Dados	
		ACV Margarina	ACV Manteiga
De Campo	Berço ao portão de saída da produção agropecuária	Secundário* (<i>datasets</i> de PRUDÊNCIO DA SILVA <i>et al.</i> 2010 e PRUDÊNCIO DA SILVA, 2011)	Secundário* (<i>datasets</i> de LEIS, 2013 e LEIS <i>et al.</i> , 2015)
	Portão de saída da produção agropecuária ao portão de saída do centro de distribuição	Primário	Primário
Estimados	Berço ao portão de saída do centro de distribuição	Secundário Base de dados <i>ecoinvent</i> ®	Secundário Base de dados <i>ecoinvent</i> ®

NOTA: *ESSES CONJUNTOS DADOS PRIMÁRIOS DO ESTUDO DE PRUDÊNCIO DA SILVA *et al.* (2010), PRUDÊNCIO DA SILVA (2011), LEIS, 2013 E LEIS *et al.*, 2015 NÃO FORAM GERADOS NESSE TRABALHO.

Os dados primários foram coletados desde o portão de saída da soja do campo, do portão de saída do leite da fazenda, e do local de última origem das matérias-primas (materiais de embalagem e ingredientes) até que todos chegassem às respectivas unidades fabris e estivessem em acondicionamento final no centro de distribuição, limitando-se àqueles utilizados na produção, empacotamento e paletização.

Os dados primários foram obtidos no ano de 2014, em diferentes períodos do ano, de acordo com o indicador, sendo possível demonstrar neste documento apenas o nome dos insumos e saídas, pois a quantidade caracteriza-se como dado sigiloso para a empresa em estudo (QUADRO 4).

No que diz respeito às emissões (saídas) dos processos, foram considerados os parâmetros de efluentes (nitrogênio total, DBO₅, DQO e óleos) da Estação de Tratamento de Efluentes com etapa anaeróbia da produção de Manteiga e a emissão de metano no ar.

É considerada a produção e transmissão da energia elétrica brasileira, bem como as emissões gasosas geradas por esses processos. Estes dados foram fornecidos pela base de dados *ecoinvent*® e tiveram sua última atualização em 2012 (FRISCHKNECHT *et al.*, 2007).

No que se refere à diferença de potencial de energia elétrica, o Código de Práticas do *ecoinvent*® (WEIDEMA *et al.*, 2009) considera alta tensão (> 24 kV), baixa tensão (< 1 kV) e média tensão (entre 1kV e 24 kV). Os processos elementares fabris da fábrica de laticínios e de extração de soja utilizam energia de alta tensão e a fábrica de margarina média tensão.

QUADRO 4 – DADOS PRIMÁRIOS DE ENTRADA E SAÍDA DE PRODUÇÃO DE MARGARINA E DE MANTEIGA

Fluxo	Margarina	Manteiga
Entradas	Grão de Soja: 1,0 – 2,0 Kg Consumo de Energia Elétrica: 0,03 – 0,04 Kwh Consumo de Água: 0,09 – 0,1 Kg Consumo de Vapor: 0,0004 – 0,0005 Kg Óleos Vegetais: 0,3 – 0,5 Kg Nitrogênio: 2,2 – 2,3 Kg Metilato de Sódio: 0,00006 – 0,00007 Kg Ácido Fosfórico: 0,0001 – 0,001 Kg Hidrogenio: 0,10 – 0,20 Kg Leticina de Soja: 0,001 – 0,005 Kg Cloreto de Sódio: 0,001 – 0,009 Kg Soro de Leite: 0,001 - 0,009 Kg EDTA: 0,00002 – 0,00003 Kg Benzoato de Sódio e Sorbato de Potássio: 0,0003 – 0,0004 Kg BHT e TBHQ: 0,00001 – 0,00008 Kg Terra Ativada: 0,0013 – 0,0014 Kg Terra Filtrante: 0,00007 – 0,00008 Kg Terra Clarificante: 0,00015 – 0,00016 Kg Níquel: 0,00002 – 0,00003Kg Hexano: 0,003 – 0,004 Polipropileno (embalagem): 0,01 – 0,02 Kg Papelão (empacotamento): 0,01 – 0,02 Kg	Consumo de Água: 1,0 – 3,0 Kg Consumo de Energia: 0,08 – 0,09 Kwh Consumo de Vapor: 0,1 – 0,2 Kg Leite da Fazenda: 10,00 – 15,00 Kg Cloreto de Sódio: 0,01 – 0,02 Kg Polipropileno (embalagem): 0,01 – 0,02 Kg Papelão (empacotamento): 0,01 – 0,02 Kg
Saídas	DQO: 0,0004 – 0,0005 Kg DBO: 0,0001 – 0,0002 Kg Óleos e Graxas: 0,00002 – 0,00003 Kg Nitrogênio Total: 0,00001 - 0,00002 Kg Hexano: 0,003 – 0,004 Kg	DQO: 0,00007 – 0,00008 Kg DBO: 0,0001 – 0,0002 Kg Óleos e Graxas: 0,00008 – 0,00009 Kg Nitrogênio Total: 0,001 – 0,002 Kg Metano: 0,00007 – 0,00008 Kg

Algumas entradas dos dados primários, como vitaminas e ácido cítrico não foram consideradas por não estarem presentes na base de dados *ecoinvent*®. Exclusões como estas são possíveis por entrarem no critério de corte de 1%, conforme NBR ISSO 14044 (ABNT, 2009b). Também foram desconsiderados possíveis uso de linha, processos de higienização e produtos das Estações de Tratamento de Efluentes, uma vez que são similares nas duas produções e, portanto, não se tornam fatores de peso na comparação.

Sobre as entradas dos sistemas de leite cru, nos *datasets* disponibilizados por Leis *et al.* (2015), foram considerados insumos agrícolas e processos como: ração, silagem, pastagem, grãos, energia, fertilizantes, combustíveis e transportes. Como dados de saída foram considerados a produção de leite, coprodutos como carne e as emissões para o meio ambiente (LEIS, 2013; LEIS *et al.*, 2015).

Na etapa agropecuária de soja foram consideradas a ocupação de terra, os usos de fertilizantes químicos e orgânicos, seus componentes, transportes e as emissões causadas no ar, na água e no solo (PRUDÊNCIO DA SILVA *et al.*, 2010; PRUDÊNCIO DA SILVA, 2011).

3.4.1. Transportes

As fronteiras para os transportes são delimitadas como a última origem dos insumos antes de chegarem às unidades produtivas e a opção de menor percurso, a fim de não superestimar os resultados.

Foram consideradas as distâncias percorridas pelas matérias-primas fornecidas pela etapa agropecuária até as fábricas finais e no caso da cadeia da margarina, que possui uma fábrica intermediária (produção de óleos), também a distância entre esta e a final.

Além desses percursos, as distâncias percorridas pelos demais insumos dos processos fabris (ingredientes e materiais de embalagem) foram também consideradas na ACV, identificadas por meio do registro da origem dos insumos no almoxarifado das unidades fabris (Tabela 1).

TABELA 1 – DADOS PRIMÁRIOS DOS DE TRANSPORTES DOS INSUMOS UTILIZADOS NA ETAPA DE PRODUÇÃO DA MARGARINA E MANTEIGA.

Margarina			Manteiga		
Óleos Vegetais	34048	Km	Sal	495	Km
Acido Citrico	441	Km	Pote	145	Km
Nitrogênio	89,9	Km	Tampa Pote	526	Km
Antioxidante BHT	466	Km	Estampa	145	Km
Antioxidante TBHT	408	Km	Caixa Papelão	145	Km
Ac Fosfórico	440	Km	Filme Strech	2355	Km
Soda Cáustica	238	Km	Chapa Papelão	503	Km
Terra Ativada	528	Km	Leite	23,4	Km
Terra Filtrante	455	Km			
Terra Clarificante Silica	408	Km			
Metilato de Sodio	431	Km			
Hidrogenio Super Seco	514	Km			
Catalisador de Niquel	469	Km			
Vitamina	495	Km			
Lecitina de Soja	743	Km			
Soro de Leite em Pó	1127	Km			
Emulsificantes	434	Km			
Conservantes	466	Km			
EDTA	469	Km			
Aroma	434	Km			
Beta Caroteno	441	Km			
Ac. Citrico Anidro	441	Km			
Cola Caixa	448	Km			
Tampa Pote	87,3	Km			
Caixa Papelão	390	Km			
Filme Strech	2348	Km			
Selo Pote	859	Km			
Soja Sul	430	Km			
Hexano	464	Km			

O Google Maps (GOOGLE, 2015) foi utilizado para a identificação da distância (km) terrestre e o *Sea Rates* (SEA RATES, 2015) para estimar a distância de transporte marítimo. A entrada de dados de transporte no *software* se dá em *one tonne kilometre* (tkm), unidade gerada pela multiplicação do peso do produto transportado pela distância percorrida (SPIELMANN *et al.*, 2007).

No que se refere ao tipo de transporte terrestre, de acordo com a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT, 2015), o caminhão mais comum que percorre as vias brasileiras é o Caminhão Simples, que vai de 8 a 29 toneladas e cuja idade média é de 17,1 anos.

Diante das opções de transportes fornecidas pelo *ecoinvent*® (SPIELMANN *et al.*, 2007), o caminhão terrestre mais antigo foi selecionado para as ACV's, originado no período de 2000 a 2004, denominado *Euro 3*, e a faixa de peso entre 16-32 t, a mais pesada disponível próxima ao intervalo de 8 a 29 toneladas (OIR, 2006).

3.4.2. Alocação

Nos sistemas de produtos foram identificados dois casos com problemas de multifuncionalidade: na extração do óleo de soja (ciclo de vida da margarina) e na etapa fabril de produção da manteiga (FIGURA 7). A multifuncionalidade de processos ocorre quando um processo produz paralelamente mais de um produto, fornecendo mais de uma função, o que demanda uma alocação para divisão do peso dos impactos. No caso deste trabalho, foram utilizadas alocações por massa e econômica. A primeira leva em conta o peso dos produtos, ou seja, quanto em quilograma uma mesma quantidade de leite produz de leite desnatado, manteiga e leiteiro, enquanto a segunda considera o valor de mercado, que expressa por quanto cada quilograma de produto é vendido.

Na etapa de extração de óleo de soja, além do óleo (produto principal) são produzidos os coprodutos farelo de soja e casca de soja, ambos utilizados na alimentação animal. Neste processo, optou-se pela alocação econômica de acordo com valores publicados por Moreira *et al.* (2009).

A unidade de laticínio estudada produz leite e seus derivados, dentre eles a manteiga. Foram consideradas alocações dos tipos massa e econômica para os produtos e coprodutos. Considerando a fabricação de leite desnatado pela ótica da alocação por massa, 2.244 Kg de leite cru da fazenda produzem 2.033 Kg de leite desnatado, 111 Kg de leiteiro e 100 Kg de manteiga, o que significa que 90,60% da massa do leite tornam-se leite desnatado, 4,90% leiteiro e 4,50% manteiga. Sob a

ótica econômica, 77,95% são voltados ao leite desnatado, 21,97% à manteiga e 0,08% ao leiteiro. Os valores de mercado destes produtos são sigilosos, mas é possível verificar a origem da proporção da alocação econômica pela diferença de preço por Kg entre a manteiga e leite desnatados vendidos no varejo. Na rede de supermercados Angeloni (ANGELONI, 2015), encontra-se manteiga por R\$19,25/Kg e leite desnatado por R\$ 2,19/Kg.

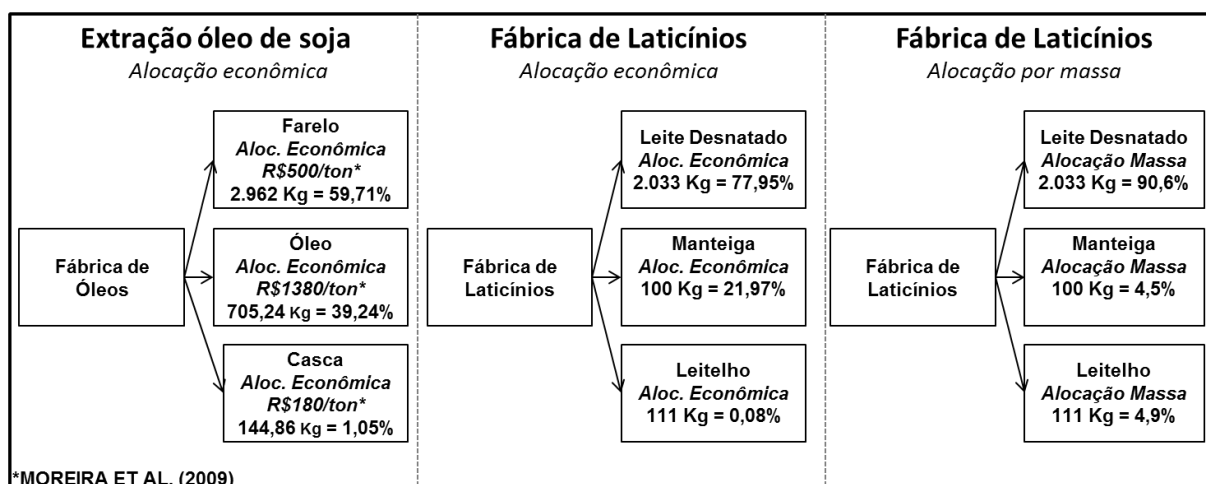


FIGURA 7 - DIFERENTES ALOCAÇÕES APLICADAS ÀS AVALIAÇÕES DE CICLO DE VIDA DA MARGARINA E MANTEIGA.

As duas possibilidades de alocação para manteiga consideradas neste estudo levaram à necessidade de verificar se chegariam a resultados diferentes sobre os impactos ambientais no ciclo de vida deste produto. Deste modo, a modelagem foi realizada para cinco cenários distintos: margarina com soja sul (MAR-SUL), margarina com soja centro oeste com desmatamento (MAR-COD), margarina com soja centro oeste sem desmatamento (MAR-SED), manteiga alocação econômica (MAN-ECON) e manteiga alocação por massa (MAN-MAS).

3.4.3. Inserção dos dados no *software*

O *software* SimaPro® com licença *Falculity* foi utilizado para estimativa dos impactos ambientais, de acordo com as entradas e saídas dos processos de produção do produto analisado.

Os dados coletados foram inseridos no *software* divididos por processos, cada um com as principais informações: saídas (produtos, coprodutos e liberações /emissões para natureza) e entradas (insumos, matérias-primas e energia).

Foram desenvolvidos processos para os produtos e coprodutos “manteiga”, “leite desnatado”, “leitelho” e “manteiga final com embalagem”. Nos três primeiros entrou o processo “ordenha”, do *dataset* desenvolvido por Leis (2013) e colaboradores, e no quarto foram consideradas as entradas e embalagens e o produto “manteiga”, contemplado no primeiro processo (FIGURA 8 e FIGURA 9).

Foram construídos os mesmos processos para a manteiga com alocação por massa e para manteiga com alocação econômica, tendo como diferença apenas o campo de inserção do tipo de alocação.

O mesmo foi realizado para a margarina, que contemplou um processo sobre os produtos e coprodutos óleo, farelo e casca e um segundo processo sobre a produção da manteiga. No primeiro, encontra-se a entrada do processo de produção de soja do *dataset* desenvolvido por Prudêncio da Silva (2010) e colaboradores, e cenários sul, centro oeste com desmatamento e centro oeste sem desmatamento. Deste modo, foram realizadas diferentes versões para os processos, a fim de considerar os três cenários de produção de soja (Figura 10 e Figura 11).

Produtos					
Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Produtos e co-produtos					
Nome	Quantidade	Unidade	Grandeza	Alocação %	Tipo de resíduo
Manteiga (com leite e leitelho) aloc econo	100	kg	Mass	21,97 %	não definido
Leite Desnatado (com manteiga e leitelho) aloc econo	2033	kg	Mass	77,95 %	não definido
Leitelho (com manteiga e leite) aloc econo	111	kg	Mass	0,08 %	não definido
(Insira linha aqui)					

FIGURA 8 – DEMONSTRAÇÃO DO PROCESSO DESENVOLVIDO NO SimaPro® PARA PRODUÇÃO DE MANTEIGA, LEITE DESNATADO E LEITELHO.

Produtos					
Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Produtos e co-produtos					
Nome	Quantidade	Unidade	Grandeza	Alocação %	Tipo de resíduo
Manteiga Final - com embalagem - aloc massa	1000	kg	Mass	100 %	não definido
(Insira linha aqui)					
Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Produtos evitados					
Nome	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 eller 2^*Min	Máx
(Insira linha aqui)					
Entradas					

FIGURA 9 – DEMONSTRAÇÃO DO PROCESSO DESENVOLVIDO NO SimaPro® PARA A MANTEIGA FINAL, COM EMBALAGEM.

Produtos					
Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Produtos e co-produtos					
Nome	Quantidade	Unidade	Grandeza	Alocação %	Tipo de resíduo
Óleo de Soja - Scheilla umidade - Sul	705,24	kg	Mass	39,24 %	não definido
Farelo - Scheilla umidade - Sul	2962	kg	Mass	59,71 %	não definido
Casca - Scheilla umidade - Sul	144,86	kg	Mass	1,05 %	não definido

FIGURA 10 – DEMONSTRAÇÃO DO PROCESSO DESENVOLVIDO NO SimaPro® PARA O ÓLEO DE SOJA, COM SOJA PROVENIENTE DO SUL.

Produtos					
Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Produtos e co-produtos					
Nome	Quantidade	Unidade	Grandeza	Alocação %	Tipo de resíduo
Margarina Completo - Scheilla - umidade - nitrog modif - Sul	1000	kg	Mass	100 %	não definido
(Insira linha aqui)					
Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Produtos evitados					
Nome	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD ^2 eller 2*Min	Máx
(Insira linha aqui)					
Entradas					

FIGURA 11 – DEMONSTRAÇÃO DO PROCESSO DESENVOLVIDO NO SimaPro® PARA A MARGARINA FINAL, COM ÓLEO DE SOJA PROVENIENTE DO SUL.

3.4.4. Avaliação de Impactos

Para avaliação do impacto do ciclo de vida foram utilizados métodos disponíveis no *software* SimaPro®.

No cálculo da pegada de carbono (potencial de aquecimento global) foi considerado o fator *Global Warming Potential* 100 (GWP100), do IPCC (2007). Para as categorias potencial de acidificação, potencial de eutrofização e ocupação de terra utilizou-se o método CML-IA versão 2.04 (GUINÉE *et al.*, 2002). Além destes, também foi identificada a demanda acumulada de energia (PRE CONSULTANTS, 2013).

A pegada de carbono foi calculada de acordo com a fórmula apresentada no QUADRO 5 (PRE CONSULTANTS, 2013).

QUADRO 5 – FÓRMULA DA PEGADA DE CARBONO.

Índice	Fórmula
Pegada de Carbono	Gases de efeito estufa (kg CO ₂ e) = (GWP100 (CO ₂ e) * emissão para o ar (kg))

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As ACVs da margarina e da manteiga ocorreram sobre cinco cenários: margarina com soja sul (MAR-SUL), margarina com soja centro oeste com desmatamento (MAR-COD), margarina com soja centro oeste sem desmatamento (MAR-SED), manteiga alocação econômica (MAN-ECON) e manteiga alocação massa (MAN-MAS).

Existem diferenças relevantes entre o impacto ambiental dos dois produtos, causadas principalmente pela origem do grão de soja da margarina e pelo tipo de alocação da manteiga.

A comparação dos dois produtos sobre os cinco cenários será primeiramente abordada com ênfase sobre o potencial de aquecimento global (pegada de carbono) e em seguida sobre demais impactos ambientais analisados na ACV (potencial de acidificação, potencial de eutrofização, ocupação de terra e demanda acumulada de energia).

4.1. PEGADA DE CARBONO

A manteiga com alocação por massa (MAN-MAS) é o produto mais favorável ao meio ambiente no que se refere às emissões de gases de efeito estufa, seguido da margarina produzida com soja do sul do país (MAR-SUL) (Figura 12)

O *software* pode influenciar o resultado (HERRMANN; MOLTESEN, 2015; SPECK *et al.*, 2015), o método utilizado na etapa de avaliação (RENOU *et al.*, 2008), e também a alocação escolhida em ACVs (GUINÉE, 1995). A manteiga com alocação econômica (MAN-ECON) apresentou maior índice de emissão de GEE (2,92 kg CO₂ e), pouco superior (11%) ao da margarina produzida com soja proveniente de plantação em local com desmatamento na região centro oeste (MAR-COD) (Figura 12).

O resultado da MAN-MAS (0,63 kg CO₂ e) é visivelmente menor do que os demais processos e produto concorrente, principalmente da MAN-ECON, sobre a

qual chega a ser 300% menos impactante. Esta diferença de resultado entre dois produtos iguais está atribuída ao uso da alocação.

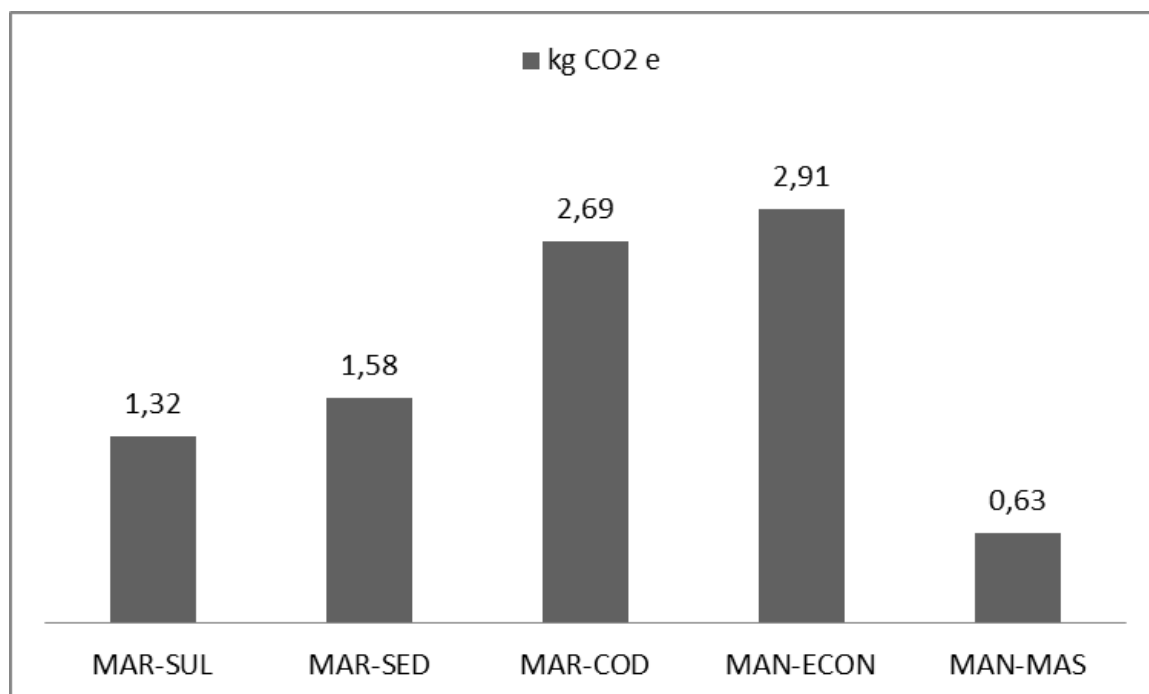


FIGURA 12 - IMPACTO DAS PRODUÇÕES DE MARGARINA E MANTEIGA SOBRE O AQUECIMENTO GLOBAL, CONSIDERANDO OS CENÁRIOS DISTINTOS DE PRODUÇÃO DA SOJA E ALOCAÇÃO DO LEITE.

NOTAS: *MAR-SUL = MARGARINA COM SOJA SUL; MAR-COD = MARGARINA COM SOJA CENTRO OESTE COM DESMATAMENTO; MAR-SED = MARGARINA COM SOJA CENTRO OESTE SEM DESMATAMENTO; MAN-ECON = MANTEIGA ALOCAÇÃO ECONÔMICA E MAN-MAS = MANTEIGA ALOCAÇÃO MASSA.

Segundo Flysjö *et al.* (2014), a produção do leite na fazenda é a fase do ciclo de vida de maior impacto ambiental e sua alocação entre os produtos a serem produzidos na fábrica de laticínios é de grande influência nos resultados da ACV. A produção da manteiga é pouco relevante na alocação por massa, devido ao baixo peso que o leite da fazenda produz deste produto, se comparado ao alto peso de leite desnatado para consumo.

A alocação econômica é bastante utilizada e o tradicional argumento para isso é que o produto de maior valor é de certa forma responsável pela existência da produção (FLYSJÖ *et al.*, 2014). No que se refere a esta alocação, manteiga possui maior valor de mercado por quilograma produzido do que o leite e o leiteiro e, neste caso, recebe maior relevância, apesar de não ser o produto responsável pela existência da fábrica de laticínios, e sim um produto feito com gordura excedente gerada na produção do leite desnatado e semidesnatado, ou seja, um subproduto.

A norma PAS 2050 (BSI, 2008), orienta a utilização da alocação econômica para estudos de pegada de carbono. No entanto, são necessárias diretrizes normativas para padronizar AVCs de laticínios de origem brasileira.

Dentre os cenários de margarina há um destaque para a pegada de carbono da MAR-COD, que chega a ser 50% maior que a MAR-SED e 100% maior que a MARSUD. De acordo com McAlpine *et al.* (2009) e Prudêncio da Silva *et al.* (2010), o uso de terra contribui para as emissões globais de gases de efeito estufa no Brasil devido ao desmatamento, o que explica a maior pegada de carbono da MAR-COD.

Apesar de a MAR-SED não contemplar desmatamento, esta revelou uma pegada de carbono maior do que a MAR-SUL. Isso pode ser atribuído à maior proximidade entre a MAR-SUL e a fábrica de óleos e, consequentemente, menor percurso e emissões pelo transporte dos grãos.

A pegada de carbono da MAN-ECON é apenas 8% maior do que a MAR-COD, frente a um maior impacto de 46% e 55% em relação à MAR-SED e MAR-SUL, respectivamente. Isto mostra que uma margarina com soja proveniente do sul ou do centro oeste sem desmatamento é significativamente menos impactante do que a manteiga com alocação econômica, no que diz respeito ao impacto sobre o aquecimento global.

Estudos europeus sobre pegada de carbono foram analisados (TABELA 2). Nilsson *et al.* (2010) estudaram a diferença da margarina e manteiga consumidas na Inglaterra, Alemanha e França e constataram que nos três países a margarina era mais favorável ao meio ambiente do que a manteiga com alocação econômica. Os valores da MAR-COD e MAN-ECON ficaram próximos aos encontrados por Guinée (1995), enquanto Flysio *et al.* (2014) e Djekic *et al.* (2014) obtiveram resultados sobre a pegada de carbono da manteiga na Dinamarca e Servia significativamente superiores ao da MAN-ECON e MAN-MAS.

TABELA 2 – ESTUDOS EUROPEUS SOBRE PEGADA DE CARBONO.

Autores	Pegada de Carbono Margarina (500g) Kg CO₂ e	Pegada de Carbono Manteiga (500g) Kg CO₂ e
Guinée (1995) – Países Baixos	2,5 a 3,65	
Nilsson <i>et al.</i> (2010) – Reino Unido, Alemanha e França	0,55, 0,66, 0,83	4,8; 4,5; 3,6 (aloc. econômica)
Flysjö <i>et al.</i> (2014) – Dinamarca		4,05 (aloc. gordura e proteína)
Djekic <i>et al.</i> (2014) – Sérvia		10,34 a 10,65 (aloc. físico-quím)
Autora	1,32 (MAR-SUL); 2,69 (MAR-COD); 1,58 (MAR-SED)	2,91 (MAN-ECON); 0,63 (MAN-MAS)

4.1.1. Contribuições do Ciclo de Vida da Margarina e Manteiga sobre a Pegada de Carbono

A ACV da margarina voltada ao impacto sobre o aquecimento global constatou representações distintas para as causas da pegada de carbono que variaram de acordo com a procedência da soja e a presença ou não de desmatamento.

Segundo Roy *et al.* (2009), a fase da agricultura é a fase mais importante na ACV de produtos alimentícios, porém, tratando-se da margarina produzida com soja do sul do país e com soja do centro oeste sem desmatamento (FIGURA 13), a etapa mais emissora de gases de efeito estufa é a etapa fabril. Assim, esses dois casos são similares e se diferenciam no transporte da soja até a fábrica localizada no sul, pois no segundo caso a distância é consideravelmente maior e, consequentemente, emite mais GEE no transporte. Segundo Prudêncio da Silva *et al.* (2010), priorizar o transporte por trem ou rio pode ajudar a reduzir este impacto. No caso da margarina produzida com soja do centro oeste com desmatamento, a principal causa é o campo, por conta do desmatamento.

As emissões na etapa fabril se dão, principalmente, pelo uso de nitrogênio e hidrogênio, responsáveis por 47% e 31% das emissões, respectivamente. Para

esses dados, porém, foram utilizados dados estimados da base de dados *ecoinvent*®, que fornece informações de produções estrangeiras desses materiais. Uma vez produzidos no Brasil, estes dados poderiam ser diferentes e resultar em impactos maiores ou menores da etapa fabril.

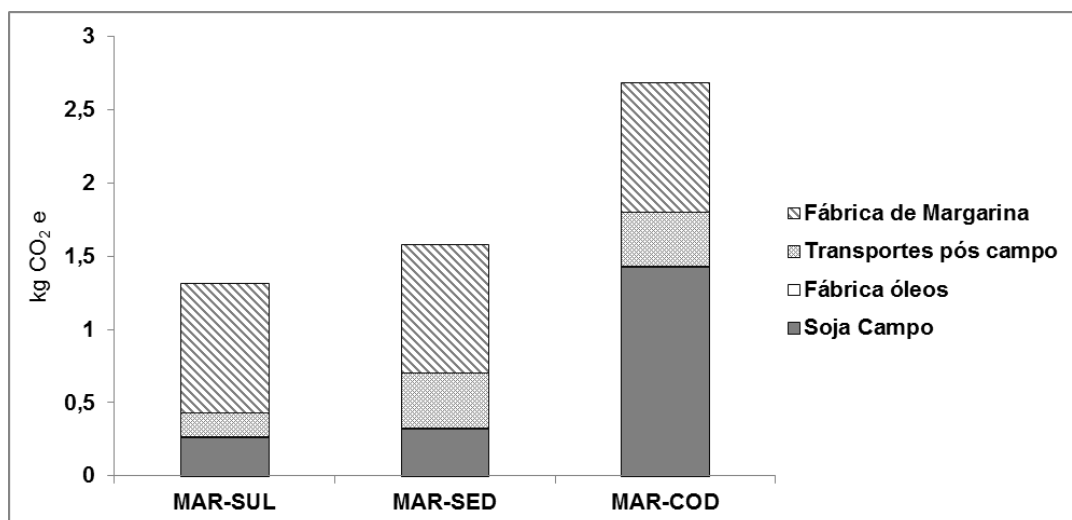


FIGURA 13 - PRINCIPAIS ETAPAS EMISSORAS DE GEE (kg CO₂ e) NO CICLO DE VIDA DA MARGARINA.

No que se refere à manteiga, a diferença dos resultados na alocação do leite na fábrica de laticínios reflete a alta representatividade da etapa da fazenda no ciclo de vida deste produto. Na alocação econômica, 94% das emissões de gases de efeito estufa ocorrem no campo, similar à manteiga com alocação massa, em que esta etapa representa 89% da sua pegada de carbono (FIGURA 14).

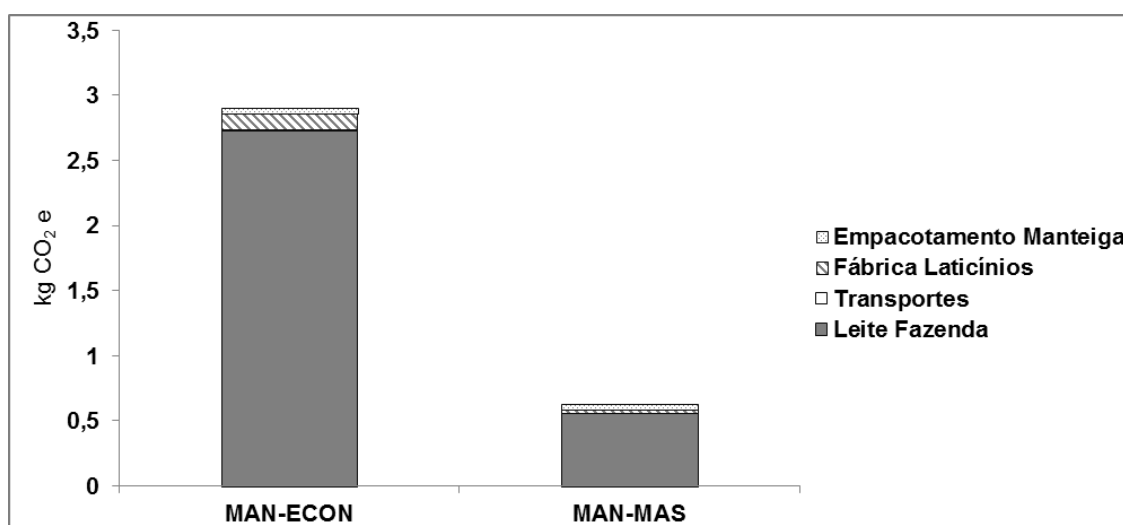


FIGURA 14 - PRINCIPAIS ETAPAS EMISSORAS DE GEE (kg CO₂ e) NO CICLO DE VIDA DA MANTEIGA.

Segundo Flysjo (2012), a principal causa da pegada de carbono na produção de leite cru está nas emissões de metano, seguida das emissões de óxido nitroso e gás carbônico. Leis *et al.* (2015) demonstraram que, tratando-se do sistema semiconfinado, estas emissões ocorrem principalmente pela alimentação (48%) e pela fermentação entérica (37%). Isto é coerente com o estudo de Tan *et al.* (2014), que atribui aos GEE liberados o sistema entérico bovino.

4.1.2. Rotulagem

No que diz respeito a uma possível rotulagem de pegada de carbono para os produtos estudados, constata-se primeiramente a necessidade de uma padronização regional para adotar a alocação a ser utilizada nos diversos produtos lácteos, em seguida, desenvolver uma comunicação que esclareça a qual causa ou problema a pegada de carbono está relacionada, uma vez que muitos consumidores não compreendem a expressão, conforme verificado por Hartikainen *et al.* (2014).

Segundo constatado por Tan *et al.* (2014), a rotulagem de pegada de carbono demanda comparação para ser compreendida e aceita pelo consumidor. Neste caso, é importante que outras marcas da mesma categoria também comuniquem o inventário de ACV com ênfase no aquecimento global. No caso da não aderência de outras marcas, como alternativa tem-se a comunicação da redução das emissões, ou seja, uma comparação do produto com a sua nova versão menos impactante. Para isso se faz necessária uma gestão dos dados encontrados no inventário, que contemplará, dentre outros aspectos de gestão, ações para redução das emissões no ciclo de vida do produto e o alcance da redução desejada.

4.2. DEMAIS CATEGORIAS DE IMPACTO

Sobre as demais categorias de impacto ambiental analisadas, o produto com menor impacto ambiental foi a MAN-MAS. Assim como na pegada de carbono, os valores de categoria de impacto são visivelmente menores do que os demais

processos e produto concorrente, com exceção do potencial de acidificação da MAR-SUL. Em comparação com a MAN-ECON, a MAN-MAS chega a ser 300% menos impactante em todas as categorias de impacto analisadas (TABELA 3), devido as diferentes alocações adotadas para o mesmo produto.

TABELA 3 - AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DA MARGARINA COM USO DE ÓLEO DE DIFERENTES REGIÕES E POSSIBILIDADE DE DESMATAMENTO E DE MANTEIGA EM DIFERENTES ALOCAÇÕES.

Categoria de Impacto	Método de Avaliação de Impacto	MAR-SUL	MAR-COD	MAR-SED	MAN-ECON	MAN-MAS
Acidificação (kg SO ₂ e)	CML-IA	0,005	0,008	0,007	0,027	0,006
Eutrofização (kg PO ₄ e)		0,006	0,006	0,006	0,019	0,004
Ocupação de Terra (m ² a)		1,75	1,61	1,61	4,58	0,94
Demanda Acum. de Energia (MJ e)	Cumulative Energy Demand (CED)	35,98	42,59	40,55	38,57	9,63

Sobre os cenários de margarina, para as categorias de potencial de acidificação e de demanda acumulada de energia, a MAR-SUL é mais favorável ao meio ambiente se comparada ao mesmo produto com soja do centro oeste.

No que se refere ao potencial de eutrofização os valores foram os mesmos entre os cenários da margarina, enquanto que sobre a ocupação de terra a MAR-SUL destaca-se como mais impactante do que a margarina com soja proveniente do centro oeste. Segundo Prudêncio da Silva *et al.* (2010) esta diferença de produção de soja no sul e centro oeste se deve a produtividade das plantações analisadas (2791 e 2535 Kg/hectare para os cenários centro oeste e sul, respectivamente).

A MAN-ECON (alocação econômica) foi comparada com os três cenários da margarina (FIGURA 15) e mostrou-se mais impactante em todas as categorias, com exceção na demanda acumulada de energia, na qual é 10% e 5% menos impactante do que a MAR-COD e a MAR-SED, respectivamente. Não obstante a diferença, os produtos possuem demanda de energia similar, mesmo com a maior complexidade fabril da margarina. Uma causa provável está no uso do indicador de energia por

tonelada produzida na unidade fabril de laticínios, que produz outros coprodutos, como o leite.

A MAN-ECON apresentou impacto superior, acima de 160% nas demais categorias (potencial de acidificação, de eutrofização e ocupação de terra), com destaque na sua comparação com a MAR-SUL no potencial de acidificação, em que a manteiga com alocação econômica é 437% mais impactante.

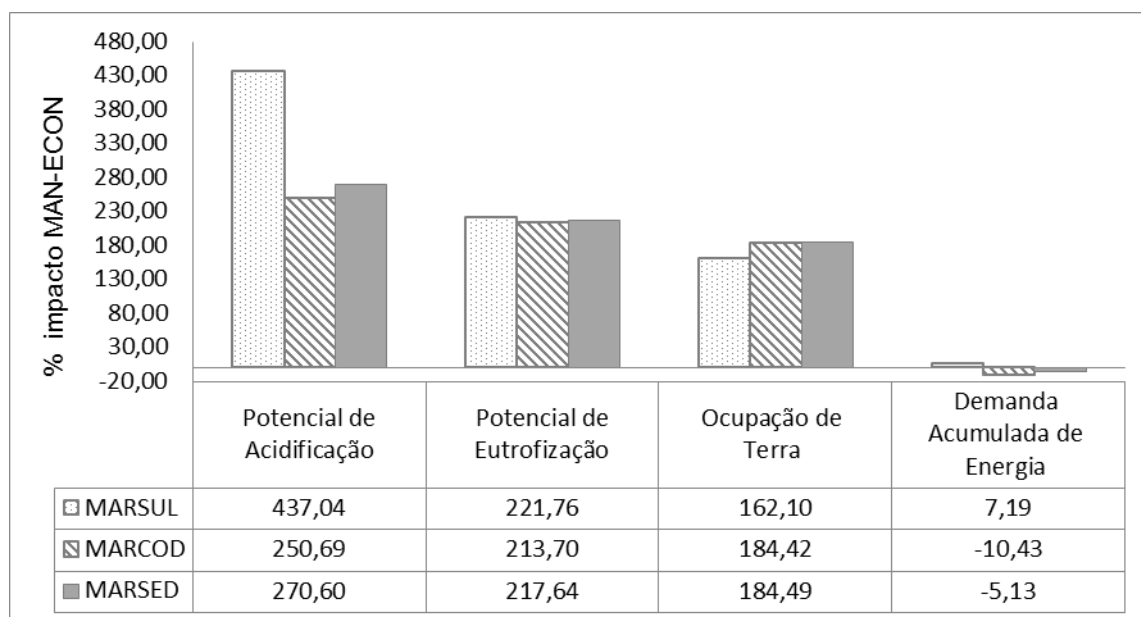


FIGURA 15 - PORCENTAGEM DE IMPACTO AMBIENTAL DA MANTEIGA COM ALOCAÇÃO ECONÔMICA EM RELAÇÃO AO IMPACTO DA MARGARINA NOS TRÊS CENÁRIOS ESTUDADOS (MAR-SUL, MAR-COD E MAR-SED).

A MAN-MAS também foi comparada com os três cenários da margarina (FIGURA 16), e mostrou-se menos impactante em todas as categorias de impacto, com exceção do potencial de acidificação, onde a MAR-SUL é 14% menos impactante. O maior desvio está na demanda acumulada de energia, onde a MAN-MAS é acima de 300% menos impactante do que a margarina com soja proveniente do centro oeste).

O grande desvio sobre a demanda acumulada de energia tira o destaque das demais categorias, sobre as quais a MAN-MAS é também significativamente menos impactante, sendo 86% menos do que a MAR-SUL na ocupação de terra e 55% menos do que a MAR-COD no potencial de eutrofização.

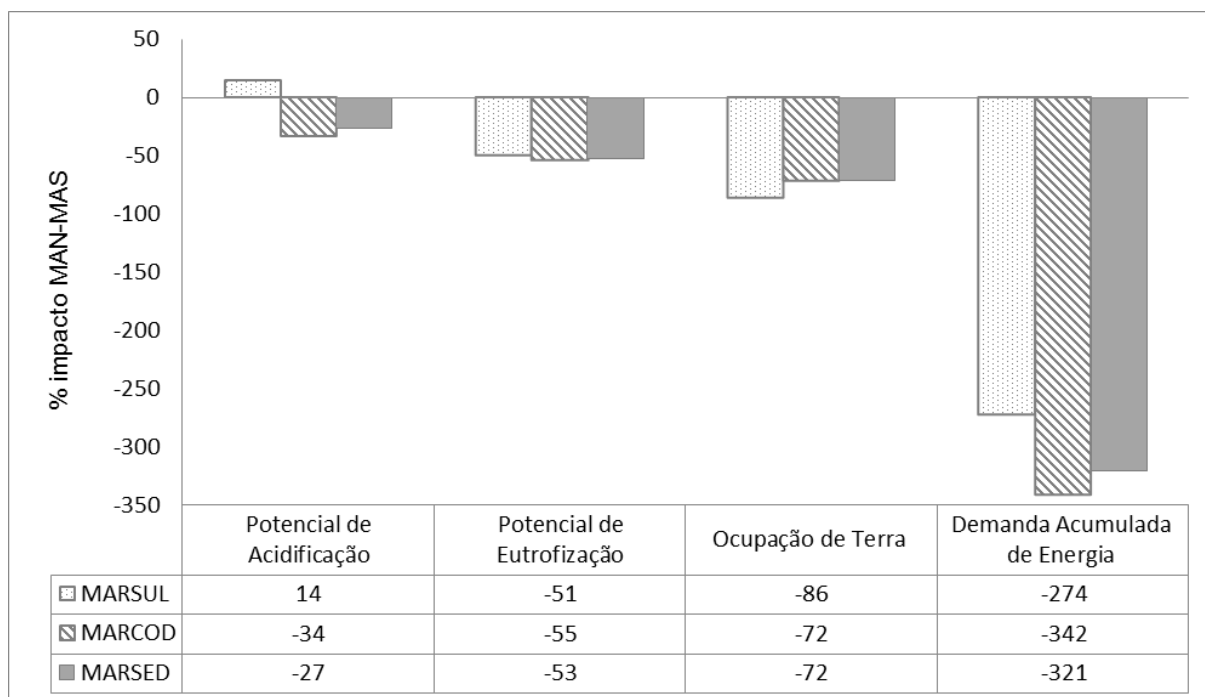


FIGURA 16 - PORCENTAGEM DO IMPACTO AMBIENTAL DA MANTEIGA COM ALOCAÇÃO MASSA EM RELAÇÃO AO IMPACTO DA MARGARINA NOS TRÊS CENÁRIOS ESTUDADOS (MAR-SUL, MAR-COD E MAR-SED).

Em comparação com estudos europeus, no que se refere ao potencial de acidificação, a produção de manteiga na Europa é menos favorável ao meio ambiente do que a margarina, com índices de 0,0078 Kg SO₂ e para a margarina inglesa e 0,025 Kg SO₂ e para a manteiga francesa (NILSSON *et al.*, 2010). Se para os mesmos produtos brasileiros considerarmos a manteiga com alocação econômica e a margarina com soja do centro oeste do Brasil, constata-se uma similaridade com o potencial de acidificação.

A mesma semelhança entre Brasil e Europa ocorre em relação à eutrofização. Nilssol *et al.* (2010) relataram que a manteiga na Europa possui maior potencial em relação a margarina, com índices de 0,030 Kg PO₄ e identificados para a manteiga e a faixa de 0,006 – 0,008 Kg PO₄ e para a margarina.

As produções de margarina e de manteiga entre as duas regiões também são similares no que se refere à ocupação de terra. O estudo de Nilsson *et al.* (2010) demonstraram que os maiores índices para esta categoria estão na produção da manteiga inglesa, com 4,4 m²a (metro quadrado/ano), e os menores na margarina alemã, com 1,6 m²a, enquanto que no presente estudo a maior está com a manteiga alocação econômica, com 4,58 m²a, e a menor com a manteiga alocação massa, com 0,94 m²a.

5. CONCLUSÕES

Os processos elementares da margarina e da manteiga foram mapeados, levantados e usados para as avaliações do ciclo de vida dos dois produtos, sendo dada ênfase no impacto potencial de aquecimento global (pegada de carbono).

A análise de sensibilidade revelou impacto crescente para a produção de margarina, partindo de 1,32 kg CO₂ e na MAR-SUL, para 1,58 kg CO₂ no centro-oeste em terra sem desmatamento por queimada (MAR-SED, 20% a mais) e 2,69 kg CO₂ e centro-oeste com queimada (MAR-COD, 104% a mais). Esses resultados são compatíveis com a maior demanda de combustível para transporte e liberação de gás carbônico com a queima de vegetação nativa descrito em estudos anteriores.

A produção de manteiga (MAN-ECON, 120% a mais do que a MAR-SUL) teve impacto maior do que a manteiga com alocação por massa. Isso é compatível pelas emissões oriundas da fermentação entérica ou indiretamente pela produção de fertilizantes para plantações de grãos e produção de rações previamente relatados. Frente a essa abordagem, poderia ser concluído que a manteiga seria o produto mais danoso ao meio ambiente. No entanto, a manteiga não é o laticínio economicamente responsável pela unidade produtora, o que reduz a relevância da alocação econômica para este produto e faz com que a alocação de massa a seja mais apropriada para descrevê-la. A ACV da manteiga com alocação por massa revelou o menor valor, sendo 52% do valor observado para margarina com uso grãos de grão de soja regiões sul (MAR-SUL). A diferença de alocação econômica para manteiga é quase quatro vezes maior do que a por massa, fato que evidencia a relevância da escolha e interpretação desta escolha.

No que se refere à pegada de carbono, a fase mais impactante da manteiga é a produção do leite na fazenda, enquanto que a da margarina é o processo industrial. O transporte de matéria-prima de grandes distâncias e os GEE provocados por desmatamento aumentaram seu impacto. Assim, é mais favorável para o meio ambiente produzir margarina no sul do país com soja proveniente da mesma região.

A MAN-ECON tem maior impacto quanto a acidificação (437%), eutrofização (221%) e ocupação da terra (162%) do que a MAR-SUL, enquanto a manteiga com alocação massa apresenta menor impacto em relação a MAR-COD (34, 55, 72%

menos impactante). A demanda acumulada de energia para manteiga com alocação por massa também é inferior, 342% menos impactante do que a margarina do centro oeste com desmatamento.

A manteiga com alocação econômica apresenta resultados de potencial de acidificação, eutrofização e ocupação de terra similar aos relatados para a produção da manteiga na Europa com a mesma alocação, o que demonstra uma similaridade entre os processos e seus desempenhos, bem como, nas decisões metodológicas, tais como fronteira do sistema, critérios de corte e alocação;

A pegada de carbono de um produto deve ser comunicada ao consumidor apenas quando gerar algum tipo de comparação plausível. Quando a rotulagem trazer apenas a pegada de carbono, é importante que seja comparada com outros produtos concorrentes. No entanto, quando a cadeia do produto contemplar uma gestão de redução de emissões, a comunicação de menor pegada de carbono pode ser a comparação do produto com ele mesmo, sendo esta uma opção de rotulagem que independe da ação de outras empresas.

Para melhor confronto com a realidade, é necessário substituir os dados estimados relativos a outros países (*ecoinvent®*), por dados brasileiros, principalmente no que se refere aos parâmetros de entrada (*inputs*) da fábrica de margarina.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). Disponível em: <http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/20271/Transportadores___Frota___Tipo_de_Veiculo.html>. Acesso em 05 fev. 2015.

AMERICAN BUTTER INSTITUTE. 2015. Disponível em <<http://www.nmpf.org/latest-news/articles/american-butter-institute-takes-new-direction-2014>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

ANGELONI. Disponível em: <<http://www.angeloni.com.br/super/index?grupo=19007>>. Acesso em: 15 maio 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS [ABNT]. Catálogo de Normas. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=40206>>. Acesso em: 14 jan. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS [ABNT]. NBR ISO 14040: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS [ABNT]. NBR ISO 14044: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2009b.

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV BRASIL). 2015. Disponível em: <<http://www.acvbrasil.com.br/simapro/>>. Acesso em: 10 maio 2015.

AZAPAGICA, A.; CLIFT, R. Allocation of environmental burdens in multiple-function systems. *Journal of Cleaner Production*, v.7, p.101–19, 1999.

BORINELLI, B.; COLTRO, F. L. Z.; MORIYA, I.; SANTOS, L. M. L. Regulação ambiental e consumo sustentável: um discussão a partir da percepção dos consumidores de Londrina – PR. *Revista Capital Científico*, Guarapuava, PR, v.8, n.1, dez. 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura. 1997. Disponível em <<http://www.sfdk.com.br/imagens/lei/MA%20-%20Portaria%20372.htm>>. Acesso em: 30 maio 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura. 1996. Disponível em: <<http://www.sfdk.com.br/imagens/lei/Portaria%20146%20-%20ANEXO%20III.htm>> Acesso em: 30 maio 2015.

BRITISH STANDARD INSTITUTE (BSI). Department for Environment, Food and Rural Affairs, Carbon Trust. PAS 2050:2008 – Specification for the assessment of life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. London: BSI, 2008.

CARBON TRUST. 2015. Disponível em: <<http://www.carbontrust.com/client-services/footprinting/footprint-certification>>. Acesso em: 25 jan. 2015.

CARBON TRUST. Carbon footprints in the supply chain: the next step for business. The Carbon Trust, nov. 2006.

COHEN, B.; WINKLER, H. Greenhouse gas emissions from shale gas and coal for electricity generation in South Africa. *South African Journal of Science*, v.110, n. 3-4, fev. 2014.

COHEN, M.; VANDENBERGH, M. The potential role of carbon labeling in a green economy. *Energy Economics*, v.34, p.53–63, 2012.

COTRO, L. (Org.); CENTRO DE TECNOLOGIA DE EMBALAGEM (CETEA); INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS (ITAL). Avaliação do Ciclo de Vida como Instrumento de Gestão. Campinas: CETEA/ITAL, 2007.

COX, P. M.; BETTS, R. A.; JONES, C. D.; SPALL, A. A.; TOTTERDELL, I. J. Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. *Nature*, v.408, 2000.

DJEKIC, I.; MIOCINOVIC, J.; TOMASEVIC, I.; SMIGIC, N.; TOMIC, N.; Environmental life-cycle assessment of various dairy products. *Journal of Cleaner Production*, v.68, p.64-72, 2014.

DREWNOWSKI, A.; REHM C. D.; MARTIN, A.; VERGER, E. O.; VOINNESSON, M.; IMBERT, P. Energy and nutrient density of foods in relation to their carbon footprint. *The American Journal of Clinical Nutrition*, p.184-91, 2015.

DUDA, M.; SHAW, J. S. From Cradle to Grave: Measuring Products' Environmental Impact. *USA Today*, v.125, n.2624, 1997.

ECOINVENT®. 2015. Disponível em: <<http://www.ecoinvent.org/about/about.html>>. Acesso em: 10 maio 2015.

EUROPEAN COMMISSION. 2015. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/>>. Acesso em: 16 abr. 2015.

FEARNSIDE, P. M.; Emissions from tropical hydropower and the IPCC. *Environmental Science & Policy*, v.50, p.225-39, jun. 2015.

FEITZ, A.J.; LUNDIE, S.; DENNIEN, G.; MORAIN, M.; JONES, M. Generation of an industry-specific physico-chemical allocation matrix application in the dairy industry and implications for systems analysis. *International Journal of Life Cycle Assessment*, v.12, p.109–17, 2007.

FLYSJÖ, A. Potential for improving the carbon footprint of butter and blend products. *J. Dairy Sci., Denmark*, v.94, p.5833–41, 2011.

FLYSJÖ, A. Greenhouse gas emissions in milk and dairy product chains. improving the carbon footprint of dairy products. 2012. Thesis (Phd in Science and Technology)- Department of Agroecology, Aarhus University, 2012.

FLYSJÖ, A.; THRANE, M.; HERMANSEN, E. J. Method to assess the carbon footprint at product level in the dairy Industry. *International Dairy Journal*, n.34, p.86-92, 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/climatechange/micca/en/>>. Acesso em: 20 maio 2015.

FRISCHKNECHT, R.; TUCHSCHMID, M.; FAIST-EMMENEGGER, M.; BAUER, C.; DONES, R. 2007. Strommix und Stromnetz. Ecoinvent Report; Paul Scherrer Institut Villigen, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Duebendorf, Switzerland, v.2.0, n.6.

FU, F.; LOU, H.; ZHONG, H.; HILL, A. Development of a Carbon Emission Calculations System for Optimizing Building Plan Based on the LCA Framework. *Mathematical Problems in Engineering*, v.2014, 2014. 13p.

GARNETT, T. Food sustainability: problems, perspectives and solutions. *Proceedings of the Nutrition Society*, v.72, p.29–39, 2013.

GEE, K. Butter Makes Comeback as Margarine Loses Favor. *The Wall Street Journal*, 2014. Disponível em: <<http://www.wsj.com/articles/butter-makes-comeback-as-margarine-loses-favor-1403745263>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

GOOGLE. Google Maps. 2015. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>>. Acesso em: 25 jan. 2015.

GUINÉE, J. Development of a Methodology for the Environmental Life-Cycle Assessment of Products - with a case study on margarines. Universidade de Leiden, 1995.

GUINEE, J.B., GORREE, M., HEIJUNGS, R., HUPPES, G., KLEIJN, R., DE KONING, A., VAN OERS, L. WEGENER SLEESWIJK, A., SUH, S., UDO DE HAES, H.A., DE BRUIJM, H., VAN DUIN, R., HUIJBREGTS, M.A.L., 2002. Life Cycle Assessment. An Operational Guide to the ISO Standards. Centre of Environmental Science, Leiden University, Leiden, The Netherlands.

HARTIKAINEN, H.; ROININEN, T.; KATAJAJUURI, J.; PULKKINEN, H. Finnish consumer perceptions of carbon footprints and carbon labelling of food products. *Journal of Cleaner Production*, v.73, p.285-93, 2014.

HERRMANN, I. T.; MOLTESSEN, A. Does it matter which Life Cycle Assessment (LCA) tool you choose? A comparative assessment of SimaPro and GaBi. *Journal of Cleaner Production*, v.86, p.163–69, 2015.

HUNT, R. G.; FRANKLIN, W. E. LCA – How it came about. *Int. J. LCA*, Germany, p. 4-7, 1996.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=44>. Acesso em: 02 fev. 2015.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). 2015. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/pdf/glossary/ar4-wg1.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2015.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core, Writing Team: PACHAURI, R. K.; MEYER, L. A. (Eds.)]. IPCC: Geneva, Switzerland, 151p.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [STOCKER, T. F.; QIN, D. G-K.; PLATTNER, M.; TIGNOR, S. K.; ALLEN, J.; BOSCHUNG, A.; NAUELS, Y.; XIA, V.; BEX, P. M.; MIDGLEY (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [SOLOMON, S. D.; QIN, M.; MANNING, Z.; CHEN, M.; MARQUIS, K. B.; AVERYT, M.; TIGNOR; MILLER, H. L. (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK; New York, 2007. 996p.

INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL SCIENCE (IEC). CML. 2015. Disponível em: <<http://www.cml.leiden.edu/software/data-cmlia.html>>. Acesso em: 10 jun. 2015

JACKSON, P. From Stockholm to Kyoto: A Brief History of Climate Change. UN Chronicle – The Magazine of the United Nations, v.XLIV, n.2, 2007.

JORGENSEN, A. K. Consumption and Environmental Degradation: A Cross-National Analysis of the Ecological Footprint. Social Problems, v.50, n.3, p.374-94, aug. 2003.

KANTAR WORLD PANEL. Disponível em: <<http://www.kantarworldpanel.com/br>> Acesso em: 10 jan. 2015.

KLOEPFFER, W. Life Cycle Sustainability Assessment of Products (with Comments by Hellas A. Udo de Haes, p. 96). Int J LCA, v.13, n.2, p.89-96, 2008.

KLUNK, L.; OLIVEIRA, R. Aspectos socioambientais: sociedade sustentável, o princípio da precaução e a mediação. Revista Contraponto, v.1, n.1, 2014.

KROZER, Y. Life cycle costing for innovations in product chains. Journal of Cleaner Production, v.16, p.310–21, 2008.

LEIS, C. M. Desempenho Ambiental de Três Sistemas de Produção de Leite no Sul do Brasil pela Abordagem da Avaliação do Ciclo de Vida. 2013. Tese. (Doutorado em Engenharia Ambiental)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

LEIS, C. M.; CHERUBINI, E.; RUVIARO, C. F.; PRUDENCIO DA SILVA.; LAMPERT, V. N.; SPIES, A.; SOARES, S. R. Carbon footprint of milk production in Brazil: a comparative case study. *Int J Life Cycle Assess*, v.20; p.46–60, 2015.

McALPINE, C. A.; ETTER, A.; FEARNSIDE, P. M.; SEABROOK, L.; LAURANCE, W. F. Increasing world consumption of beef as a driver of regional and global change: A call for policy action based on evidence from Queensland (Australia), Colombia and Brazil. *Global Environmental Change*, v.19, p.21–33, 2009.

MILKPOINT. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/top100-2014-lp/>>. Acesso em: 01 fev. 2015.

MIRAGEM, B. Direito do Consumidor e do Direito Ambiental. *Revista Luso-Brasileira de Direito do Consumo*, v.IV, n.13, 2014.

MOREIRA, I.; MOURINHO, F. L.; CARVALHO, P. L. O.; PAIANO, D.; PIANO, L. M.; KURODA JUNIOR, I. S. Avaliação nutricional da casca de soja com ou sem complexo enzimático na alimentação de leitões na fase inicial. *R. Bras. Zootec.*, v.38, n.12, p.2408-16, 2009.

NILSSON, K.; FLYSJÖ, A.; DAVIS, J.; SIM, S.; UNGER, N.; BELL, S. Comparative life cycle assessment of margarine and butter consumed in the UK, Germany and France. *Life Cycle Assess*, v.15, p.916–26, 2010.

ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR RAUMPLANUNG (OIR). Tráfego de caminhões origem-destino e as emissões de transporte rodoviário de mercadorias em Viena. Viena: Em Auftrag AK Viena, 2006.

PARKER, C.; MITCHELL, A.; TRIVEDI, M.; MARDAS, N. *The Little REDD+ Book*, 2009.

PASCUAL-GONZÁLEZ, J.; GUILLÉN-GOSÁLBEZ, G.; MATEO-SANZ, JOSEP.; JIMÉNEZ-ESTELLER, L. Statistical analysis of theecoinvent database to uncover relationships between life cycle impact assessment metrics. *Journal of Cleaner Production*, 2015.

PRE CONSULTANTS, 2013. SimaPro Satabase Manual: Methods Library. Report version 2.5 [online] Available from: <http://www.pre-sustainability.com/download/DatabaseManualMethods-oct2013.pdf>.

PRESUSTAINABILITY. 2015. Disponível em: <<http://www.pre-sustainability.com/simapro>>. Acesso em: 10 maio 2015.

PRUDÊNCIO DA SILVA, V. Effects of intensity and scale of production on environmental impacts of poultry meat production chains: Life Cycle Assessment of

French and Brazilian poultry production scenarios. 2011. Thesis. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brazil, 2011.

PRUDÊNCIO DA SILVA, V.; WERF, H. M. G.; SPIES, A.; SOARES, S. R. Variability in environmental impacts of Brazilian soybean according to crop production and transport scenarios. *Journal of Environmental Management*, n.91, p.1831-9, 2010.

QUIN, I. Frustrated Tesco eco-labels. *Groc*, 2012. Disponível em: <<http://www.thegrocer.co.uk/channels/supermarkets/tesco/frustrated-tesco-ditches-eco-labels/225502.article>>. Acesso em: 01 jun. 2015.

REBITZER, G.; EKVALL, T.; FRISCHKNECHT, R.; HUNKELER, D.; NORRIS, G.; RYDBERG, T.; SCHMIDT, W.; SUH, S.; WEIDEMA, B.; PENNINGTON, D. Life cycle assessment – Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. *Environment International*, v.30, n.5, p.701-20, 2004.

RENOU, S.; THOMAS, J. S.; Aoustin, E.; PONS, M. N. Influence of impact assessment methods in wastewater treatment LCA. *Journal of Cleaner Production*, v.16, p. 1098–105, 2008.

RICE, P.; HOLDEN, N. M. The Role of Allocation in the Carbon Footprinting of Dairy and Beef Biosystems Engineering Research Review. Dublin: University College Dublin, v.19, p.173-76, 2014.

ROY, P.; NEI, D.; ORIKASA, T.; XU, Q.; OKADOME, H.; NAKAMURA, N.; SHIINA, T. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. *Journal of Food Engineering*, v.90, p.1-10, 2009.

SEA RATES. Disponível em: <<http://www.searates.com/reference/portdistance/>>. Acesso em: 05 fev. 2015.

SEJIAN, V.; HYDER, I.; EZEJI, T.; LAKRITZ, J.; BHATTA, R.; RAVINDRA, J.P.; PRASAD, C.S.; LAL, R. Global Warming: Role of Livestock. *Climate Change Impact on Livestock: Adaptation and Mitigation*, p.141-69, 2015.

SINDEN, G. The contribution of PAS 2050 to the evolution of international greenhouse gas emission standards. *Int J Life Cycle Assess*, p.195-203, 2009.

SPECK, R.; SELKE, S.; AURAS, R.; FITZSIMMONS, J. Choice of Life Cycle Assessment *Software* Can Impact Packaging System Decisions. *Packaging Technology and Science*, v.28, p.579-88, 2015.

SPIELMANN, M.; BAUER, C.; DONES, R.; TUCHSCHMID, M. Transport Services. *Ecoinvent Report n. 14*. Dübendorf: Swiss Centre for Life Cycle Inventories, 2007.

TAN, M. Q. B.; TAN, R. B. H.; KHOO, H. H. Prospects of carbon labelling e a life cycle point of view. *Journal of Cleaner Production*, v.72, p.76-88, 2014.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC), 2015. Disponível em: <<http://unfccc.int/2860.php>>. Acesso em: 12 maio 2015.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). Doha Amendment, 2012. Disponível em: <http://unfccc.int/files/kyoto_protocol/application/pdf/kp_doha_amendment_english.pdf>. Acesso em: 21 maio 2015.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). Kyoto Protocol, 1988. Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2015.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMA (UNEP), 2011 – Disponível em: <<http://www.unep.org/>>. Acesso em 15 abr. 2015.

VAN GILDER COOKE, S. Why going green can mean Big Money for fast-food chains. Time World. 2012. Disponível em: <<http://content.time.com/time/world/article/0,8599,2111372,00.html#ixzz27MoBSVHm>>. Acesso em: 10 maio 2015.

VASSEUR, E. United nations conference on the human environment. Water Research, v.7, p.1227-33, 1973.

WEIDEMA, B.; HISCHIER, R.; ALTHAUSA, H.; BAUER, C.; DOKA, G.; DONES, R.; RISCHKNECHT, R.; JUNGBLUTH, N.; NEMECEK, T.; PRIMAS, A.; WERNET, G. Ecoinvent Report n. 02, Dübendorf: Swiss Centre for Life Cycle Inventories, 2009.

WEIDEMA, B.; HISCHIER, R.; ALTHAUS, H.; BAUER, C.; DOKA, G. DONES, R.; FRISCHKNECHT, R.; JUNGBLUTH, N.; NEMECEK, T.; PRIMAS, A.; WERNET, G. Code of Practice - Ecoinvent Report n.2, St. Gallen, 2009.

WU, P.; XIA, B.; PIENAAR, J.; ZHAO, X. The past, present and future of carbon labelling for construction materials - A review. Building and Environment, v.77, p. 160–68, 2014.